

TRABAJO FINAL DE GRADO

**Grado en Ingeniería Química**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA PILOTO  
CERVECERA**



**VOLUMEN I**

**Memoria y Anexos**

**Autor:** Ramos Gil, Carla  
**Director:** Jiménez Piqué, Emilio  
**Convocatoria:** mayo 2018











## Resum

Des de l'associació d'estudiants *UPC BCN AIChE Student Chapter* estava en marxa un projecte de producció de cervesa artesana al laboratori el qual es va decidir ampliar i millorar mitjançant aquest treball final de grau.

L'objectiu d'aquest projecte és dissenyar i construir una planta pilot de cervesa de 50 litres, així com assolir els coneixements necessaris per a entendre i controlar tots els processos bioquímics del procés d'elaboració.

L'elaboració de cervesa és un procés complex en el que intervenen aspectes biològics i químics. Partint dels quatre ingredients bàsics (aigua, malta, llúpul i llevat) es poden arribar a assolir una infinitat de productes finals, tants com tipus de cervesa existeixen i la creativitat que tingui el cerveser. De manera molt resumida, la malta serà l'encarregada d'aportar sucres fermentables a l'aigua, que posteriorment seran consumits pel llevat per donar peu a la reacció de fermentació, i el llúpul s'encarregarà d'aportar l'aroma i amargor característic de la cervesa.

Al llarg de la memòria es descriuen diferents tècniques que es poden dur a terme durant procés d'elaboració. També es detalla com afecten els diferents factors fisicoquímics i las repercussions que tenen sobre el producte final.

Finalment, s'ha plantejat un disseny per a la capacitat esmentada i s'ha realitzat la construcció d'aquest. La planta està localitzada al campus Escola d'Enginyeria Barcelona Est de la Universitat Politècnica de Catalunya, més concretament, situada a l'edifici "I" d'aquest recinte.

*Darrera modificació d'aquest document: 1 de Maig de 2018*

## Resumen

Desde la asociación de estudiantes *UPC BCN AIChE Student Chapter* estaba en marcha un proyecto de producción de cerveza artesanal en el laboratorio, el cual se decidió ampliar y mejorar mediante este trabajo final de grado.

El objetivo de este proyecto es diseñar y construir una planta piloto de cerveza de 50 litros, así como alcanzar los conocimientos necesarios para entender y controlar todos los procesos bioquímicos del proceso de elaboración.

La elaboración de cerveza es un proceso complejo en el que intervienen aspectos biológicos y químicos. Partiendo de los cuatro ingredientes básicos (agua, malta, lúpulo y levadura) se pueden llegar a alcanzar un sinfín de productos finales, tantos como tipos de cerveza existen y la creatividad que tenga el cervecero. De manera muy resumida, la malta será la encargada de aportar azúcares fermentables al agua, que posteriormente serán consumidos por la levadura, para dar pie a la reacción de fermentación, y el lúpulo se encargará de aportar el aroma y amargor característico de la cerveza.

A lo largo de la memoria se describen diferentes técnicas que se pueden llevar a cabo durante proceso de elaboración. También se detalla cómo afectan los diferentes factores fisicoquímicos y las repercusiones que tienen sobre el producto final.

Finalmente, se ha planteado un diseño para la capacidad mencionada y se ha realizado la construcción de este. La planta está localizada en el campus *Escola d'Enginyeria Barcelona Est* de la *Universitat Politècnica de Catalunya*, más concretamente, situada en el edificio "I" de este recinto.

*Última modificación de este documento: 1 de Mayo de 2018*

## **Abstract**

From the student association *UPC BCN AIChE Student Chapter*, a craft beer production project was underway in the laboratory, which was decided to expand and improve through this final degree project.

The objective of this project is to design and build a 50-liter beer pilot plant, as well as to achieve the necessary knowledge to understand and control all the biochemical processes of the production process.

Brewing is a complex process involving biological and chemical aspects. Starting from the four basic ingredients (water, malt, hops and yeast) it is possible to reach countless end-products, as many as types of beer and the creativity of the brewer. Very briefly, the malt will be responsible for providing fermentable sugars to the water, which will later be consumed by the yeast, to give rise to the fermentation reaction, and the hops will be responsible for providing the characteristic aroma and bitterness of the beer.

Different techniques that can be carried out during the production process are described throughout the memory. It also details how they affect the different physicochemical factors and the repercussions they have on the final product.

Finally, a design for the aforementioned capacity has been proposed and the construction of this has been carried out. The plant is located in the *Escola d'Enginyeria Barcelona Est* campus of the *Universitat Politècnica de Catalunya*, more specifically, located in building "I" of this campus.

Last modification of this document: May 1, 2018



## Agradecimientos

En primer lugar, agradecer al director de proyecto, Emilio, todo el apoyo y motivación que ha mostrado durante los últimos años, tanto en aspectos relacionados con este trabajo, como con la asociación de estudiantes.

También a mis padres y hermano, por escucharme y guiarme durante todos mis años de vida y, en especial, en estos últimos años de carrera. A Ángel, por su gran ayuda con el diseño del proyecto, el apoyo e impulsarme a crecer día a día.

A la asociación de estudiantes *UPC BCN AIChE Student Chapter*, por aportar recursos y conocimientos a todos los alumnos, impulsar proyectos y mejorar la experiencia universitaria.

A mis compañeros y amigos, por convertiros en catadores expertos de cerveza. Mención especial a Alex Párraga y Nil Calvet, sin los cuales el proyecto no hubiese avanzado de la manera en que lo ha hecho. También a Òscar, Brandon, Ceano y Amedeo por la disposición y el interés mostrado hacia el proyecto.

Al profesor Moisès Graells, por su asesoramiento a tiempo completo tanto a la asociación como a los alumnos. Por todos los conocimientos aportados al largo de la carrera, por enseñarnos una metodología de trabajo, a graficar resultados y la importancia del formato.

Finalmente, a la universidad por brindarnos el espacio y los recursos necesarios para poder llevar a cabo este proyecto.



## Glosario

A continuación se hace un resumen de los términos utilizados en el sector cervecero, algunos de ellos utilizados a lo largo de la memoria del presente proyecto.

°

°**CELSIUS** Escala de temperatura.

°**LOVIBOND** Unidad de medida para hacer referencia al color de la malta.

°**PLATO** Una escala de densidad del mosto basada en un porcentaje de azúcar pura en este.

### A

**ACETALDEHÍDO** Producto químico presente en la cerveza que tiene un aroma herbáceo.

**ÁCIDO ALFA** Un grupo de sustancias que forman el componente amargo del sabor del lúpulo. Los análisis de lúpulo se dan en porcentaje de ácido alfa, que se puede usar para estimar el amargor de una cerveza en particular.

**ÁCIDO LÁCTICO** Ácido orgánico que puede originarse en la segunda parte de la fermentación si hay presencia de oxígeno.

**ACONDICIONAMIENTO** El proceso de maduración de la cerveza, ya sea en botellas o en barriles. Durante esta fase, los azúcares complejos se fermentan lentamente, el CO<sub>2</sub> se disuelve y la levadura se deposita en el fondo, mientras que los aromas desagradables de la fermentación como el diacetilo y el acetaldehído son reabsorbidos por la levadura.

**ADJUNTO** Cualquier fuente de azúcares agregados a la malta de cebada para la fabricación de cerveza: trigo, avena, centeno, arroz, maíz, azúcar y más.

**AIRLOCK** Un pequeño dispositivo lleno de agua que se usa en una bombona para dejar escapar el gas CO<sub>2</sub>, sin permitir que entre aire.

**ALCALINIDAD** Una medida de la dureza del agua, expresada como ppm de carbonato de calcio.

**ALCOHOL** Un compuesto orgánico que contiene uno o más grupos hidroxilo (OH). El etanol es el tipo que se encuentra en las bebidas fermentadas. Otros tipos ocurren en cerveza y otros productos fermentados, pero en pequeñas cantidades.

**ALDEHIDO** Un grupo de productos químicos aromáticos que se encuentran en la cerveza y otros productos alimenticios. Más común en la cerveza como el acetaldehído y como un grupo de sustancias químicas presentes en la cerveza oxidada.

**ALE** Cervezas de alta fermentación.

**ALMIDÓN** Carbohidratos complejos, polímeros largos de azúcares, que se convierten en azúcares durante el macerado.

**AMILASA (ALFA Y BETA)** Las principales enzimas convertidores de almidón presentes en la cebada y la malta. Ambos rompen las largas cadenas de moléculas de almidón en azúcares más cortos y fermentables.

**AMINOÁCIDOS** Un grupo de compuestos químicos orgánicos complejos que forman los bloques de construcción de proteínas; importante en la nutrición de la levadura.

**ANAEROBIO** Microorganismo capaz de metabolizar sin consumir oxígeno.



**ATENUACIÓN** El grado en que se han fermentado los azúcares residuales de una cerveza terminada.

**AUTOLISIS** La auto digestión y la desintegración de las células de levadura. Esto puede dar lugar a declaraciones "jabonosas" si la cerveza no se extrae de la levadura muerta después de la fermentación primaria.

**AUTÓLISIS** Proceso biológico en el que la levadura se queda sin nutrientes y muere. Provoca sabores no deseados en la cerveza.

## B

**BETA GLUCANOS** Un grupo de carbohidratos gomosos en malta. Algunas variedades de granos tienen un exceso de beta glucanos, que pueden causar problemas con la escorrentía y durante la fermentación, donde pueden precipitar como una sustancia pegajosa.

**BREW PUB** Pub que elabora su propia cerveza y la vende in situ a sus clientes.

## C

**CARA-PILS** Nombre comercial de una malta especialmente procesada que se utiliza para agregar cuerpo a las cervezas pálidas. Similar a la malta caramelo, pero no asada. También se llama malta dextrina.

**CARBOHIDRATOS** La clase de sustancias químicas como los azúcares y sus polímeros, incluidos el almidón y las dextrinas.

**CARBONATACIÓN** Contenido en gas carbónico de cerveza u otra bebida.

**CEPAS** Distintas variantes dentro de una misma especie de levaduras.

**CERVEZA** Un término amplio que describe correctamente cualquier bebida fermentada hecha de malta de cebada u otros granos de cereal. Originalmente productos que contienen lúpulo en lugar de otras hierbas.

**COLOIDE** Un estado de la materia que involucra partículas diminutas suspendidas en un líquido. La cerveza es un coloide, como lo es la gelatina. Muchas reacciones en la cerveza involucran el estado coloidal, especialmente aquellas que afectan al turbio y la estabilidad.

**CUERPO** Una calidad de cerveza, determinada en gran medida por la presencia de complejos de proteínas coloidales. En menor medida debido a la presencia de azúcares no fermentables (dextrinas) o glucanos en la cerveza terminada.

## D

**DECOCCIÓN** Una técnica de macerado continental que consiste en extraer una porción del mosto, hirviéndola y luego volviéndola al macerador para aumentar su temperatura.

**DENSIDAD ESPECÍFICA** Una medida de densidad, expresada en relación con la densidad del agua. Usado en la elaboración de cerveza para seguir el curso de la fermentación.

**DENSIDAD ORIGINAL (DO)** La densidad específica del mosto antes de la fermentación como indicador de la resistencia potencial. Se expresa como una relación; 1.050 de mosto es 1,05 veces más denso que el agua pura. A veces, el punto decimal se omite.

**DENSÍMETRO** Instrumento de medición que sirve para determinar la densidad relativa de los líquidos. En la elaboración de cerveza permite conocer la riqueza en azúcar de los mostos.

**DEXTRINA** Familia de azúcares de cadena larga que normalmente no son fermentables por la levadura. Contribuye al cuerpo en la cerveza.

**DEXTROSA** También llamada glucosa o azúcar de maíz. Un azúcar simple, fácilmente fermentada por la levadura, a veces utilizada en la elaboración de la cerveza.

**DIASTASA** Un complejo enzimático presente en la cebada y la malta que es responsable de la conversión del almidón en azúcares.

**DIASTATICA, ACCIÓN/PODER** Una medida analítica que expresa el poder de la malta u otros granos para convertir los almidones en azúcares en el macerado.

**DMS (DIMETIL SULFURO)** Un poderoso sabor químico encontrado en la cerveza, con el aroma del maíz cocido.

**DOS HILERAS** Un tipo de cebada con un contenido proteico menor y proporcionalmente menos cáscara que las seis hileras, por lo que es más adecuado para la elaboración de cervezas de malta.

**DRY-HOPPING** Un método para agregar saltos directamente al secundario, para aumentar el aroma del lúpulo sin agregar amargor.

**DUREZA** Una medición común de los niveles de minerales en el agua, especialmente sulfatos y carbonatos. Expresado como partes por millón de carbonato de calcio.

## E

---

**ENDOSPERMO** El interior del grano de cereal que sirve como reserva de almidón, reserva de alimento para la planta joven. Es la fuente de material fermentable para la elaboración de cerveza.

**ENZIMA** Proteínas que actúan como catalizadores para la mayoría de las reacciones cruciales para la elaboración de la cerveza, incluida la conversión del almidón, la proteólisis y el metabolismo de la levadura. Altamente dependiente de condiciones tales como temperatura, tiempo y pH.

**ENZIMAS PROTEOLÍTICAS** Las enzimas se presentan naturalmente en la cebada y la malta que tienen el poder de descomponer las proteínas en el mosto.

**ESTERES** Una gran clase de compuestos formados a partir de la oxidación de varios alcoholes, incluidos muchos componentes de sabor que se encuentran comúnmente en las frutas. Creado en cerveza como un subproducto del metabolismo de la levadura. Especialmente prominente en cervezas de alta fermentación.

**ETANOL** El alcohol principal que se encuentra en la cerveza; su componente embriagador

**EXTRACTO DE MALTA** Preparaciones comerciales concentradas de mosto. Disponible como jarabe o polvo, en una amplia gama de colores, con o sin saltos.

**EXTRACTO** El término utilizado para referirse a los azúcares y otros sólidos derivados de la malta, disueltos en mosto o cerveza. Además, el extracto de malta preparado comercialmente en almíbar o en forma seca.

## F

---

**FAN (FREE AMINO NITROGEN)** Pequeñas moléculas portadoras de nitrógeno, principalmente productos de degradación de proteínas que incluyen aminoácidos. Importante en el mosto como fuente de nutrición de levadura.

**FENOL** Los fenoles son detectables a concentraciones muy pequeñas y tienden a expresarse como aromas parecidos al clavo de olor, aromas medicinales o ahumados.

**FERMENTACIÓN PRIMARIA** Etapa inicial rápida de la actividad de la levadura cuando se metaboliza la maltosa y otros azúcares simples. Dura alrededor de una semana.

**FLOCULACIÓN** Aglutinamiento de las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

**FUSEL** Alcoholes más complejos, que se encuentran en todas las bebidas fermentadas.

## G

**GELATINIZACIÓN** La cocción de maíz u otros cereales no malteados para descomponer las paredes celulares de los gránulos de almidón. El almidón resultante está en estado coloidal, lo que lo hace accesible para la conversión enzimática en azúcares. Ocurre en la cebada a 60 °C, pero es más alta en granos, como el maíz y el arroz.

**GLUCOSA** Azúcar de maíz o dextrosa. Un azúcar simple a veces utilizado en la elaboración de la cerveza.

**GRAVEDAD ORIGINAL** Hace referencia a la *Densidad Original*

## H

**HERM** (*Heat Recirculating Mash*), un tipo de maceración que continuamente sale del mosto y lo hace circular a través de una bobina sumergida en el tanque de licor caliente para elevar o mantener la temperatura del macerado.

**HEXOSA** Una categoría de azúcares simples que contiene 6 átomos de carbono por molécula. Dextrosa es un ejemplo.

**HIDROLISIS** Proceso químico en el que la adición de agua a una molécula rompe enlaces, generalmente como parte de la degradación de una sustancia. Puede ser impulsado por enzimas. En la elaboración de la cerveza, la sacarificación implica la hidrólisis.

**HIDRÓMETRO** Instrumento de vidrio utilizado en la elaboración de cerveza para medir la densidad específica de la cerveza y el mosto.

**HOP BACK** Un tanque filtrante utilizado en la elaboración comercial para filtrar el lúpulo y el trozo de mosto hervido antes de enfriarlo.

**HOP** Una trepadora de la familia Cannibicinae, cuyos conos de flores se utilizan para dar a la cerveza su amargor y aroma característico.

**HOT BREAK** La coagulación rápida de proteínas y resinas, asistida por el lúpulo, que ocurre después de un período sostenido de ebullición.

**HUMULENO** Uno de los productos químicos más abundantes que dan al lúpulo su aroma característico.

**HUMULONA** Tipo de resina blanda, miembro de una clase de compuestos denominados alfa ácidos, responsable en gran parte del amargor característico de la cerveza.

**HUSK** La cubierta exterior de cebada u otros granos. Puede impartir un sabor áspero y amargo a la cerveza si el burbujeo se lleva a cabo incorrectamente.

## I

**IBU (UNIDAD BITTERING INTERNACIONAL)** Unidad de amargor.

**INFLORESCENCIA** conjunto de flores que nacen agrupadas en un mismo tallo.

**INFUSIÓN** Una técnica de mosto del tipo más simple utilizada para hacer todo tipo de cervezas inglesas y stouts. Cuenta con un solo descanso de temperatura, en lugar de una serie de pasos gradualmente crecientes comunes en otros estilos de maceración.

**INOCULAR** Acción de sembrar (inocular) el mosto hervido y esterilizado con la cepa de levadura seleccionada para ese estilo.

**ION** Un componente cargado eléctricamente de una molécula, que puede ser un átomo o una combinación de átomos.

**IPA** India Pale Ale, una variante típicamente más pálida y, a menudo, más pálida de pale ale.

**IRISH MOSS** Un alga marina, *Chondrus crispus*, que se utiliza durante la ebullición del mosto para mejorar el descanso en caliente. También se llama carragenina.

**ISO** (*International Organization for Standardization*), asociación global de establecimiento de normas.

**ISOMERIZACIÓN** Proceso químico por el cual una molécula se transforma en otra con los mismos átomos pero dispuestos de forma distinta, lo que puede cambiar sus propiedades.

## L

---

**LAGER** Cervezas elaboradas con levadura de fermentación inferior y envejecidas a temperaturas cercanas al punto de congelación.

**LAMBIC** Cervezas belgas de fermentación espontánea y perfil ácido.

**LEVADURA** Clase grande de hongos microscópicos, varias de cuyas especies se utilizan en la elaboración de la cerveza.

**LIQUOR** Término que hace referencia al agua después de haber sido “preparada” para su uso en el proceso de producción de cerveza.

**LUPULINA** La sustancia pegajosa en el lúpulo que contiene todas las resinas y aceites aromáticos.

## M

---

**MAILLARD, REACCIÓN** Complejo conjunto de reacciones químicas entre las proteínas y los azúcares de los alimentos cuando se calientan. Crea sabores distintivos y es responsable de los colores y sabores caramelizados.

**MALTA CARAMELO/CRISTAL** Un tipo de malta especialmente procesada que se usa para agregar color y sabor a las cervezas ámbar y oscura. Se calienta a temperaturas de maceración cuando está mojada, lo que hace que el almidón se convierta en azúcares mientras todavía está en la cáscara. Estos azúcares cristalizan cuando se enfrían y contienen grandes cantidades de azúcares no fermentables. Viene en varios tonos de color.

**MALTA** Cebada u otro grano que se ha permitido brotar, sometiéndose al proceso de malteado.

**MALTA CHOCOLATE** Malta tostada de color marrón medio con un sabor fuerte a café.

**MALTOSA** Azúcar simple que es el material fermentable predominante en el mosto.

**MALTOTRIOSIO** Tipo de molécula de azúcar que consiste en tres moléculas de glucosa conectadas entre sí.

**MASH** El procedimiento de cocción central para la elaboración en el que el almidón se convierte en azúcares, entre otras cosas. Varias reacciones enzimáticas ocurren entre 43 a 79 °C.

**MASH-OUT** El último paso de la maceración que implica un aumento de la temperatura a 77 °C para inactivar las enzimas y facilitar el burbujeo.

**MELANOIDINAS** Un grupo de complejos compuestos de color formado por el calentamiento de azúcares y almidones en presencia de proteínas. Creado en infusión durante la tostación del grano y la ebullición del mosto.

**MICROCERVECERÍAS** Fábricas de cerveza de pequeña dimensión, cuyo tamaño puede estar fijado por la ley en un país determinado.

**MODIFICACIÓN** El grado en que se ha permitido que el malteo progrese. Más modificación significa almidón más accesible.

**MOLINO DE RODILLOS** El mejor dispositivo de molienda de malta. Tritura el almidón medio de malta entre los rodillos sin pulverizar las cáscaras.

**MONOSACÁRIDO** Azúcares simples, como la glucosa, que tienen una sola unidad de azúcar.

## N

**NITRÓGENO** El elemento utilizado como medida del nivel de proteína en la malta. Importante en un estado amino libre como un nutriente de levadura. También usado para presurizar fuerte.

## O

**OLIGOSACÁRIDOS** Azúcares que contienen unas pocas moléculas de un monosacárido, unidas.

**ORGANOLÉPTICO** Que puede ser percibido por los sentidos. El espectro organoléptico es el conjunto de sensaciones que experimentamos cuando probamos un producto.

**OSMOSIS INVERSA** Un tipo de purificación de agua que elimina virtualmente todos los minerales del agua.

**OXIDACIÓN** Una reacción química que a menudo involucra oxígeno, pero también puede ocurrir de otras maneras. En la cerveza es bastante complejo, involucra todo, desde el procedimiento de la sala de cocción hasta el oxígeno atrapado en la cerveza embotellada. Los olores extraños oxidados a menudo huelen a papel o cartón mojado.

**OXÍGENO** Importante en el metabolismo de la levadura, especialmente durante el inicio. También puede causar problemas en el almacenamiento a largo plazo.

## P

**PALE** Malta base tradicional en el Reino Unido y EEUU.

**PELLETS** Pequeños conos de lúpulo que se elaboran pulverizando las flores y prensándolas, con lo que se consigue alargar en el tiempo su conservación.

**PEPTIDASA** Una enzima que descompone las proteínas durante las primeras etapas del mosto. Más efectivo alrededor de 50 °C.

**PÉPTIDO** Un fragmento corto de una proteína. También el enlace que contiene aminoácidos en cadenas de proteína.

**PITCHING** El acto de agregar levadura al mosto para comenzar la fermentación.

**PLÚMULA** Brote del grano de cereal cuando comienza a germinar.

**POLIFENOL** Una clase de moléculas que incluye taninos, importante en la cerveza en relación con la coagulación de proteínas y la turbidez de enfriamiento.

**POLÍMERO** Molécula química hecha de la repetición de unidades básicas más pequeñas. En la elaboración de cerveza, son comunes como polisacáridos y polipéptidos.

**POLISACÁRIDOS** Polímeros de azúcares simples. Incluye un rango de azúcares complejos a través de dextrinas, hasta almidones.

**PPB (PARTES POR BILLÓN)** 1 microgramo por litro.

**PPM (PARTES POR MILLÓN)** 1 miligramo por litro.

**PRECIPITACIÓN** Un proceso químico que involucra un material que sale de la solución.

**PROTEÍNA** Las moléculas orgánicas nitrogenadas complejas son importantes en toda la materia viva. En cerveza, involucrado en actividad enzimática, nutrición de levadura, retención de cabeza y estabilidad coloidal. Durante el macerado, la ebullición y el enfriamiento, pueden romperse y/o precipitarse.

**PROTEINASAS** Complejo enzimático que descompone las proteínas en unidades más pequeñas y solubles. Más activo a 50 °C.

**PROTEOLISIS** La descomposición o digestión de las proteínas por enzimas que ocurre en el macerado a alrededor de 50 °C.

**PRUEBA DE YODO** Se usa para determinar si un mosto en progreso ha alcanzado la conversión de almidón. Una solución de yodo se vuelve azul oscura o negra en presencia de almidón no convertido.

---

## R

**RIMS** (*Recirculating Infusion Mash System*), un tipo de maceración que continuamente sale de mosto y lo hace fluir a través de un intercambiador de calor típicamente calentado por una llama de gas o un elemento eléctrico para elevar o mantener la temperatura del macerado.

---

## S

**SACARIFICACIÓN** La conversión de almidón a azúcares en el macerado a través de la actividad enzimática.

**SACCHAROMYCES** El nombre científico del género de la levadura utilizada en la elaboración de la cerveza. Se usan dos especies: *Saccharomyces cerevesiae*, que es la levadura de fermentación superior, y *Saccharomyces pastorianus*, que es de fermentación inferior, o lager, levadura.

**SAL** Minerales presentes en el agua que tienen diversos efectos en el proceso de elaboración de la cerveza.

**SALES DE BURTON** Una mezcla de minerales añadidos al agua de preparación para igualarla al agua de Burton-on-Trent, Inglaterra, famosa por la producción de cervezas pálidas.

**SEIS HILERAS** Un tipo de cebada con alta proteína y por lo tanto alta actividad diastática, por lo que es ideal para el macerado de adjuntos no malteados, que no tienen poder de conversión de almidón propio.

**SMM** S-metil metionona, una sustancia química que se encuentra en la cebada y otros granos que es un precursor del DMS, que puede agregar aroma de maíz cocido a la cerveza si la elaboración no se realiza adecuadamente.

**SPARGE** Proceso de enjuague de granos triturados con agua caliente para recuperar todos los azúcares de mosto disponibles.

**STARTER** Una pequeña cantidad de cerveza fermentada, preparada de antemano, luego agregada al lote principal. Permite un comienzo más rápido de la fermentación.

**SUCROSE** Un disacárido que consiste en una unidad de glucosa / dextrosa y una unidad de fructosa, típicamente derivada de la remolacha o la caña de azúcar. Pasable, pero no especialmente adecuado para la elaboración de la cerveza.

---

## T

**TANINO** Polifenoles, que son materiales orgánicos complejos con un característico sabor astringente, extraídos del lúpulo y las cáscaras de la cebada. Lo más notable en los últimos lanzamientos.

**TERPENOS** Un grupo de sustancias químicas saborizantes que forman el componente principal de los aceites de lúpulo.

**TRISACÁRIDO** Molécula de azúcar que consiste en tres azúcares simples unidos entre sí.

**TRUB** Proteína coagulada y lodo de resina de lúpulo que precipita el mosto durante la ebullición y nuevamente en el enfriamiento.

**TURBIDEZ** Enturbiamiento de la cerveza en su proceso de creación debido a la precipitación de un compuesto formado por proteína-tanino a una baja temperatura. No afecta al sabor en el producto final

## **W**

---

**WHIRLPOOL** Dispositivo utilizado para separar los lúpulos y trub del mosto después de hervir. El mosto se revuelve en un movimiento circular y se acumula en el centro del remolino. El mosto claro se drena desde el borde.

**WORT** Término en inglés que hace referencia a la cerveza sin fermentar, el líquido cargado de azúcar obtenido del mosto.

**WORT CHILLER** Intercambiador de calor utilizado para enfriar rápidamente el mosto desde cerca de la temperatura de ebullición hasta la temperatura de lanzamiento.

## Índice de figuras

Figura 2.1. Principales productores de cerveza en España en 2016 (Fuente: Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España[1]).	34
Figura 2.2. Planta de cebada (Fuente: <a href="http://shutterstock.com">http://shutterstock.com</a> [6]).	40
Figura 2.3. Cebada de dos hileras ( <i>Hordeum distichum</i> ) (Fuente: <a href="https://cervezomicon.com">https://cervezomicon.com</a> [7]).	41
Figura 2.4. cebada de seis hileras ( <i>Hordeum hexastichon</i> ) (Fuente: <a href="https://cervezomicon.com">https://cervezomicon.com</a> [7]).	41
Figura 2.5. Estructura general de un grano entero de cebada. (Fuente: <a href="https://wholegrainscouncil.org">https://wholegrainscouncil.org</a> [8]).	42
Figura 2.6. Evolución del grano durante el proceso de malteado. (Fuente: Poesía líquida. Un manual para cervesiáfilos [10]).	43
Figura 2.7. Clasificación de los diferentes tipos de malta según la escala de color Lovibond (Fuente: Mastering homebrew [11]).	44
Figura 2.8. Diferentes granos útiles para elaborar cerveza (Fuente: <a href="http://blog.novozymes.com">http://blog.novozymes.com</a> [12]).	46
Figura 2.9. Flor del lúpulo (Fuente <a href="http://shutterstock.com">http://shutterstock.com</a> [6]).	47
Figura 2.10. Sección de un cono de lúpulo (Fuente: <a href="http://revistamash.com">http://revistamash.com</a> [13]).	47
Figura 2.11. Molécula de la humulona y lupulona (Fuente: <a href="http://dciencia.es">http://dciencia.es</a> [15]).	48
Figura 2.12. Moléculas de diversos aceites esenciales (Fuente: <a href="http://dciencia.es">http://dciencia.es</a> [15]).	49
Figura 2.13. Gráfico con la composición de aceites esenciales y alfa-ácidos para diferentes variedades de lúpulo (Imagen adaptada, fuente original: <a href="https://datasupply.co">https://datasupply.co</a> [16]).	50
Figura 2.14. Lúpulo en diferentes formatos de comercialización. De izquierda a derecha: lúpulo en flor, pellets y extracto (Fuente: Mastering homebrew [11]).	51
Figura 2.15. Imagen de microscopía electrónica de barrido de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . (Fuente: <a href="http://mpg.de">http://mpg.de</a> [17]).	53
Figura 2.16. Ciclo metabólico de la levadura durante la fermentación. (Imagen adaptada, fuente original: <a href="https://millercoors.com">https://millercoors.com</a> [18]).	53
Figura 2.17. Tabla de ésteres y su olor (Fuente: <a href="https://jameskennedymonash.wordpress.com">https://jameskennedymonash.wordpress.com</a> [19]).	54
Figura 2.18. Ciclo de crecimiento de las levaduras (Fuente: <a href="http://researchgate.net">http://researchgate.net</a> [20]).	54
Figura 2.19. Levadura seca (Fuente: <a href="https://cerveza-artesanal.co">https://cerveza-artesanal.co</a> [22]).	56
Figura 2.20. Diferentes variedades de levadura líquida (Fuente: <a href="https://cerveza-artesanal.co">https://cerveza-artesanal.co</a> [22]).	56
Figura 2.21. Preparación de un starter (Fuente: Mastering Homebrew [11]).	57
Figura 3.1. Esquema de un proceso general de producción de cerveza (Fuente: <a href="http://aslanbrewing.com">http://aslanbrewing.com</a> [23]).	59
Figura 3.2. Granos de cebada germinados (Fuente: <a href="http://quieroserunhomebrewer.blogspot.com.es">http://quieroserunhomebrewer.blogspot.com.es</a> [24]).	61
Figura 3.3. Evolución del grano a lo largo del proceso de malteado (Fuente: Mastering Homebrew [11]).	62
Figura 3.4. Aspecto del grano en diferentes etapas del malteado (Fuente: <a href="http://home-brew.com">http://home-brew.com</a> [25]).	64
Figura 3.5. Enjuagues anicónico ácido para uso en sectores de alimentos y bebidas (Fuente: <a href="https://brouwland.com">https://brouwland.com</a> [26]).	65
Figura 3.6. Diferentes tipos de limpieza para desinfectar equipos cerveceros (Fuente: <a href="https://brouwland.com">https://brouwland.com</a> [26]).	66
Figura 3.7. Aspecto de la malta molida (Fuente: propia).	68
Figura 3.8. Molino de malta de dos rodillos y de tres quilos de capacidad (Fuente: <a href="https://themaltmiller.co.uk">https://themaltmiller.co.uk</a> [28]).	69



Figura 3.9. Posibles combinaciones en molinos de más de dos rodillos (Fuente: <a href="http://revistamash.com">http://revistamash.com</a> [13]).	69
Figura 3.10. Estructura química de la amilosa y amilopectina (Fuente: <a href="http://researchgate.net">http://researchgate.net</a> [20]).	70
Figura 3.11. Gráfico con los rangos óptimos de trabajo de diferentes enzimas (Fuente: propia).	72
Figura 3.12. Degradación del almidón por enzimas amilolíticas (Fuente: Mastering homebrew [11]).	73
Figura 3.13. Inactivación de las enzimas amilasas bajo las condiciones especificadas. La actividad de la $\alpha$ -amilasa se presenta como gramos de dextrina límite hidrolizada por minuto y por gramo de malta; la actividad de la $\beta$ -amilasa se presenta como gramos de maltosa producida por minuto y por gramo de malta. (Fuente: [29]).	74
Figura 3.14. Estabilidad enzimática macerados a diferentes temperaturas (75 °C, 80 °C, 85 °C y 90 °C para los gráficos A, B, C y D respectivamente) (Fuente: [29]).	75
Figura 3.15. Efecto de la temperatura de maceración y ratio agua – malta sobre diferentes propiedades del mosto (% de carbohidratos, % de fermentabilidad y % de almidón en los gráficos A, B y C respectivamente) (Fuente: [29]).	76
Figura 3.16. Análisis de los azúcares fermentables del dos mostos sometidos a las mismas condiciones a excepción de la temperatura de maceración (Fuente: [29]).	77
Figura 3.17. Análisis del crecimiento de las levaduras para 3 condiciones distintas de mosto (Fuente: [29]).	78
Figura 3.18. Actividad enzimática en una hora de macerado (Fuente: <a href="https://missionarybrewer.wordpress.com">https://missionarybrewer.wordpress.com</a> [30]).	79
Figura 3.19. Adición del agua a la malta durante el proceso de maceración (Fuente: propia).	81
Figura 3.20. Sistema de lavado (Fuente: <a href="https://eckraus.com">https://eckraus.com</a> [31]).	82
Figura 3.21. Sistemas HERMS y RIMS tanto para el proceso de recirculado como de lavado (Fuente: Mastering homebrew [11]).	83
Figura 3.22. Falso fondo de acero inoxidable (Fuente: <a href="http://brouwland.com">http://brouwland.com</a> [26]).	84
Figura 3.23. Bolsa de maceración 100% poliéster (Fuente: <a href="http://brouwland.com">http://brouwland.com</a> [26]).	84
Figura 3.24. Isomerización de la humulona presente en el lúpulo (Fuente: Fundamentals of beer and hop chemistry [32]).	85
Figura 3.25. Remolino creado durante el proceso de whirlpool (Fuente: <a href="https://cervezartesana.es">https://cervezartesana.es</a> [33]).	86
Figura 3.26. Serpentin introducido en la olla de hervido (Fuente: propia).	87
Figura 3.27. Intercambiador a contracorriente (Fuente: <a href="https://sentry-equip.com">https://sentry-equip.com</a> [34]).	88
Figura 3.28. Aspecto de distintos intercambiadores de placas caseros e industriales. ( <a href="http://itisamexico.com.mx">http://itisamexico.com.mx</a> [35]).	88
Figura 3.29. Distribución del fluido caliente y frío dentro del intercambiador (Fuente: <a href="http://pheindustry.es">http://pheindustry.es</a> [36]).	88
Figura 3.30. Aireación del mosto por gravedad y diferencia de alturas (Fuente: propia).	89
Figura 3.31. Aireación del mosto por agitación del fermentador (fuente: propia).	89
Figura 3.32. Fosforilación de la glucosa durante el proceso de glucólisis (Fuente: <a href="http://didacforner.net">http://didacforner.net</a> [37]).	90
Figura 3.33. Ruptura de la pentosa fructosa-1,6-bisfosfato durante el proceso de glucólisis (Fuente: <a href="http://didacforner.net">http://didacforner.net</a> [37]).	91
Figura 3.34. Primera etapa de la desfosforilación durante el proceso de glucólisis (Fuente: <a href="http://didacforner.net">http://didacforner.net</a> [37]).	91

Figura 3.35. Segunda etapa de la desfosforilación durante el proceso de glucolisis (Fuente: <a href="http://didacforner.net">http://didacforner.net</a> [37]).	92
Figura 3.36. Reacción de fermentación alcohólica (Fuente: <a href="http://didacforner.net">http://didacforner.net</a> [37]).	92
Figura 3.37. Reacción global de fermentación (Fuente: <a href="http://didacforner.net">http://didacforner.net</a> [37]).	93
Figura 3.38. Clasificación de diferentes estilos de cervezas (Fuente: <a href="http://seidell.wordpress.com">http://seidell.wordpress.com</a> [38]).	93
Figura 3.39. Tipos de fermentación (Fuente: <a href="http://cervezartesana.es">http://cervezartesana.es</a> [33]).	94
Figura 3.40. Diferentes tipos de airlock (Fuente: <a href="http://beerbrewersguide.com">http://beerbrewersguide.com</a> [39]).	94
Figura 3.41. Gas carbónico (Fuente: <a href="http://brouwland.com">http://brouwland.com</a> [26]).	95
Figura 3.42. Densímetro/hidrómetro (Fuente: Mastering Hombrew [11]).	96
Figura 3.43. Refractómetro y su visor (Fuente: <a href="http://brouwland.com">http://brouwland.com</a> [26]).	97
Figura 3.44. Esquema de un proceso general de producción de cerveza omitiendo algunos procesos (Fuente original: <a href="http://aslanbrewing.com">http://aslanbrewing.com</a> [23]).	98
Figura 3.45. Diagrama del proceso de elaboración de cerveza simplificado (Fuente original: <a href="http://aslanbrewing.com">http://aslanbrewing.com</a> [23]).	99
Figura 3.46. Producto final de la elaboración de cerveza (Fuente: propia).	100
Figura 3.47. Diagrama de Gantt del proceso.	101
Figura 4.1. Diseño de la planta piloto del presente proyecto (Fuente: propia).	103
Figura 4.2. Localización del campus EEBE – UPC en Barcelona	104
Figura 4.3. Localización del edificio I dentro del campus EEBE – UPC.	104
Figura 4.4. Tanque de agua y olla de cocción (Fuente: <a href="https://polsinelli.it">https://polsinelli.it</a> [40]).	105
Figura 4.5. Tanque macerador (Fuente: <a href="http://masmalta.com">http://masmalta.com</a> [41]).	105
Figura 4.6. Resistencia eléctrica (izquierda) y caja aislante de la resistencia (derecha) (Fuente: <a href="https://brewpi.com">https://brewpi.com</a> [42]).	106
Figura 4.7. Válvula de bola (Fuente: <a href="https://brewpi.com">https://brewpi.com</a> [42]).	106
Figura 4.8. Intercambiador de 36 placas (Fuente: <a href="https://brouwland.com">https://brouwland.com</a> [26]).	106
Figura 4.9. Bomba magnética (Fuente: <a href="https://brouwland.com">https://brouwland.com</a> [26]).	106
Figura 4.10. Fermentador de plástico (Fuente: <a href="http://family-beer.com">http://family-beer.com</a> [43]).	107
Figura 4.11. Tubo de silicona para realizar las conexiones de mosto (Fuente: <a href="http://family-beer.com">http://family-beer.com</a> [43]).	107
Figura 5.1. Infografía con datos de sostenibilidad y medioambiente (Fuente: Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España [1]).	109
Figura P.1. Resumen de costes	122
Figura A.1. Análisis químico del agua de red de la zona de San Adrián del Besós en 2017. (Fuente: Aigües de Barcelona [44]).	125
Figura A.2. Plantilla para llevar el control de calidad durante el proceso de elaboración de cerveza (Fuente: propia)	131



## Índice de tablas

Tabla 2.1. Rango óptimo y descripción de los principales iones del agua para la fabricación de cerveza (Fuente: <i>Mastering Homebrewing</i> [11] y <i>How to Brew</i> [4]).	38
Tabla 2.2. Composición química del agua de algunas regiones cerveceras famosas (Fuente: <i>The brewmaster bible</i> ).	39
Tabla 2.3. Composición química aproximada del lúpulo (Fuente: <i>The chemistry of hops constituents</i> [14]).	48
Tabla 3.1. Valores orientativos de iones en el agua en ppm para diferentes perfiles de agua según diferentes estilos de cerveza (Fuente: <a href="https://www.bjcp.org">https://www.bjcp.org</a> [27]).	67
Tabla 3.2. Aporte de iones que hace 1 g de diferentes compuestos a 1 L y 25 de mosto (Fuente: <i>Poesía Líquida. Un manual para cervesíficos</i> [10]).	67
Tabla 3.3. Proporción recomendable para los granos de malta molidos (Fuente: <a href="http://revistamash.com">http://revistamash.com</a> [13]).	68
Tabla 3.4. Temperatura de gelatinización para diferentes granos (Fuente: <a href="http://cervezadeargentina.com.ar">http://cervezadeargentina.com.ar</a> [21]).	71
Tabla 3.5. Enzimas presentes en el macerado junto a sus rangos óptimos de temperatura y pH, y su función (Fuente: <i>Poesía líquida. Un manual para cervesíficos</i> [10]).	71
Tabla 3.6. Equipo utilizado del diagrama de Gantt.	101
Tabla 3.7. Descripción de las actividades del diagrama de Gantt.	101
Tabla P.1. Presupuesto para la estructura general de la planta.	119
Tabla P.2. Presupuesto para el tanque de agua caliente.	119
Tabla P.3. Presupuesto para el tanque macerador.	120
Tabla P.4. Presupuesto para el tanque de hervido.	120
Tabla P.5. Presupuesto para el tanque de fermentación.	120
Tabla P.6. Presupuesto para los instrumentos de medida y materiales de desinfección.	121
Tabla P.7. Coste total de material.	121
Tabla P.8. Presupuesto para el proceso de montaje de la planta piloto.	121
Tabla P.9. Coste total de montaje.	121
Tabla P.10. Presupuesto de las horas de ingeniería.	122
Tabla P.11. Coste total de las horas de ingeniería.	122
Tabla P.12. Resumen de costes totales.	122
Tabla A.1. Porcentaje de utilización (Fuente: <a href="http://revistamash.com">http://revistamash.com</a> [13]).	127



# Índex

<b>Vº DE AUTORIZACIÓN DE DEFENSA DEL TRABAJO FINAL DE GRADO</b>	<b>V</b>
<b>RESUM</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IX</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>XI</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>XXI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>XXV</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>31</b>
<b>2. CULTURA GENERAL DE LA CERVEZA</b>	<b>33</b>
2.1. Orígenes de la cerveza .....	33
2.2. Cerveza en España y Europa .....	34
2.3. Materia prima .....	36
2.3.1. Agua .....	36
2.3.2. Malta.....	40
2.3.3. Lúpulo .....	47
2.3.4. Levadura .....	52
<b>3. PROCESO GENERAL DE PRODUCCIÓN</b>	<b>59</b>
3.1. Fases previas a la elaboración de cerveza .....	61
3.1.1. Malteado .....	61
3.1.2. Limpieza, desinfección y esterilización .....	65
3.2. Paso a paso del proceso general .....	66
3.2.1. Tratamiento del agua .....	66
3.2.2. Molienda del grano .....	67
3.2.3. Maceración .....	69
3.2.4. Cocción .....	84
3.2.5. Enfriamiento .....	87
3.2.6. Fermentación .....	89
3.2.7. Control de calidad del proceso.....	95

3.3.	Adaptación del proceso.....	98
3.3.1.	Gantt del proceso.....	101
<b>4.</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA</b> .....	<b>103</b>
4.1.	Localización de la planta.....	104
4.2.	Detalle de los elementos que componen la planta .....	105
<b>5.</b>	<b>IMPACTO MEDIOAMBIENTAL</b> .....	<b>109</b>
<b>6.</b>	<b>NORMATIVA APLICADA A LA FABRICACIÓN DE CERVEZA EN ESPAÑA</b> ____	<b>111</b>
6.1.	Normativa aplicable a la cerveza en cuanto a producto (Norma de calidad) ....	111
6.2.	Normativa aplicable al etiquetado de la cerveza.....	111
6.3.	Normativa sobre los impuestos especiales que gravan la cerveza .....	112
6.4.	Normativa referente a los envases de cerveza .....	112
6.5.	Normativa medioambiental (IPPC).....	112
6.6.	Normativa relativa a seguridad e higiene .....	113
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>115</b>
	<b>PROPUESTAS DE MEJORA</b> .....	<b>117</b>
	<b>PRESUPUESTO</b> .....	<b>119</b>
	Coste de material.....	119
	Costes de los procesos de montaje.....	121
	Costes de las horas de ingeniería .....	122
	Resumen de costes.....	122
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>123</b>
<b>ANEXO I.</b>	<b>ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA DE RED (2017)</b> .....	<b>125</b>
<b>ANEXO II.</b>	<b>CÁLCULO DE IBUS</b> .....	<b>127</b>
<b>ANEXO III.</b>	<b>CÁLCULO DE LA GRADUACIÓN DE ALCOHOL</b> .....	<b>129</b>
<b>ANEXO IV.</b>	<b>PLANTILLA DE CONTROL DE CALIDAD</b> .....	<b>131</b>
<b>ANEXO V.</b>	<b>REAL DECRETO 678/2016</b> .....	<b>133</b>
<b>ANEXO VI.</b>	<b>REAL DECRETO 1334/1999</b> .....	<b>139</b>







# 1. Introducción

La cerveza es una solución líquida de agua y alcohol, con dióxido de carbono disuelto, aromatizada y coloreada con pequeñas cantidades de carbohidratos, proteínas, minerales, melanoidinas y cientos de compuestos aromáticos derivados de la malta, el lúpulo y la levadura. Las cantidades específicas de todas estas sustancias le dan a cada cerveza su carácter y atractivo únicos.

Existen evidencias históricas de cerveza desde la época de la prehistoria y sus técnicas de fabricación han ido evolucionando a lo largo de los años hasta llegar al producto que se conoce hoy en día.

La elaboración de cerveza es una sucesión de reacciones químicas, influidas por la materia prima utilizada y por factores fisicoquímicos como la temperatura y el pH. Los cuatro ingredientes principales son el agua, la cebada, el lúpulo y la levadura donde, de una manera muy resumida, se puede decir que la cebada es la encargada de aportar los azúcares fermentables que posteriormente serán consumidos por la levadura para crear el alcohol y gas, y el lúpulo aportará los aromas y amargor característicos de la cerveza.

Comparando los dos sectores principales de cerveza (cervecería industrial y cervecería artesanal) se puede decir que los procesos industriales se caracterizan por elaborar millones de litros al mes con técnicas de filtrado y pasteurización del producto. Por lo contrario, en la cerveza artesana prima la calidad de la materia prima y no se utilizan aditivos artificiales ni químicos. Como consecuencia, el producto se conserva hábil para el consumo durante menos tiempo y por eso se elaboran lotes más pequeños.

La popularidad de esta bebida se ha incrementado notablemente en los últimos años, sobre todo en el campo de la cerveza artesana, creciendo el número de establecimientos se encargan de fabricarla como de venderla.

En relación al presente proyecto, se plantean una serie de objetivos a alcanzar durante el desarrollo de este:

- Conocer y entender el proceso de elaboración de cerveza.
- Conocer y comprender la actividad enzimática y molecular de este.
- Utilizar estos conceptos para garantizar la continuidad de características de la cerveza final de un lote a otro.
- Plantear un diseño para una planta piloto de cerveza de 50 litros.
- Llevar a cabo la construcción del diseño planteado.



## 2. Cultura general de la cerveza

### 2.1. Orígenes de la cerveza

Pensar en los orígenes de la cerveza se relaciona automáticamente con el Antiguo Egipto, pero en España existen indicios arqueológicos extendidos por todo el territorio que evidencian el consumo de cerveza en la Península Ibérica desde la prehistoria. Si bien, no se trataría de la cerveza tal y como se conoce actualmente, sino se estaría hablando de un brebaje alcohólico a base de cereales fermentados (trigo y cebada principalmente) con mucha espuma, poco gas y alta graduación alcohólica.

Los restos más antiguos de cerveza en Europa datan aproximadamente del año 2.500 a.C. y se encontraron en el Valle de Ambrona en Soria. Se encontró una tinaja en una tumba que, tras analizarla, se descubrió que había contenido una bebida fermentada hecha a base de trigo y con una graduación alcohólica de entre 6,5 y 7 grados. El hecho de encontrarse en una tumba sugiere que esa bebida tuviese algún carácter ritual y que estuviese reservada solo a una parte de la sociedad.

Los celtas tomaban también una bebida hecha a base de trigo llamada “Caelia” y en pueblos cántabros tenían su propia cerveza especiada con hierbas conocida como “Cythos”. En años posteriores, debido a los romanos y musulmanes el consumo de cerveza pasa a ser prácticamente inexistente y no tiene apenas registros. En los reinos cristianos, la producción de esta bebida la producían los monjes en sus monasterios manteniendo en secreto sus recetas.

No fue hasta la edad media cuando se retomó la elaboración de cerveza en el territorio español cuando Carlos I de España (y V de Alemania) introdujo la cerveza en España tal y como se conoce hoy día (siglo XV). El monarca de origen belga trajo consigo a maestros cerveceros del norte de Europa para mantener una producción privada de cerveza lupulada, fundando la primera *Real Fábrica de Cerveza*, en las orillas del río Manzanares.

Durante muchos años la cerveza fue considerada una bebida de campesinos, pues las clases nobles y adineradas bebían principalmente vino.

En el siglo XIX se incrementa el consumo de cerveza en épocas estivales como bebida refrescante. En aquella época las fábricas de cerveza proliferaron y fueron estas las que empezaron a producir a gran escala y a incorporar técnicas industriales de frío para la producción de cervezas de baja fermentación.

A principios del siglo XX ya existían en España grandes industrias cerveceras y algunas de ellas han perdurado hasta la actualidad. Con la llegada de la Guerra Civil el crecimiento que estaba teniendo la industria cervecera se vio altamente afectado.

No fue hasta los años 60 cuando se reactivó el consumo de cerveza en España, atrayendo a grandes multinacionales cerveceras europea a asentar parte de su producción en las principales ciudades españolas.

Ya en el siglo XXI nacen las microcerveceras y *brewpubs*, fomentando la elaboración de cerveza artesana y alejándose de productos industriales.

## 2.2. Cerveza en España y Europa

A continuación, se exponen algunos datos de interés relacionados con el sector socioeconómico de la cerveza tanto en Europa como en España. Estos informes se elaboran anualmente por *The Brewers of Europe* y Cerveceros de España respectivamente. Todos los datos mencionados a continuación se basan en estudios del año 2016.

España ocupa el cuarto puesto de producción de cerveza en la Unión Europea, elaborando 36,5 millones de hectolitros de cerveza anuales (Figura 2.1) y produciendo un 4,3% más que el año anterior. La lista la encabeza Alemania, produciendo 1,6 veces más que España.

Producción de cerveza en España en 2016 (hl)

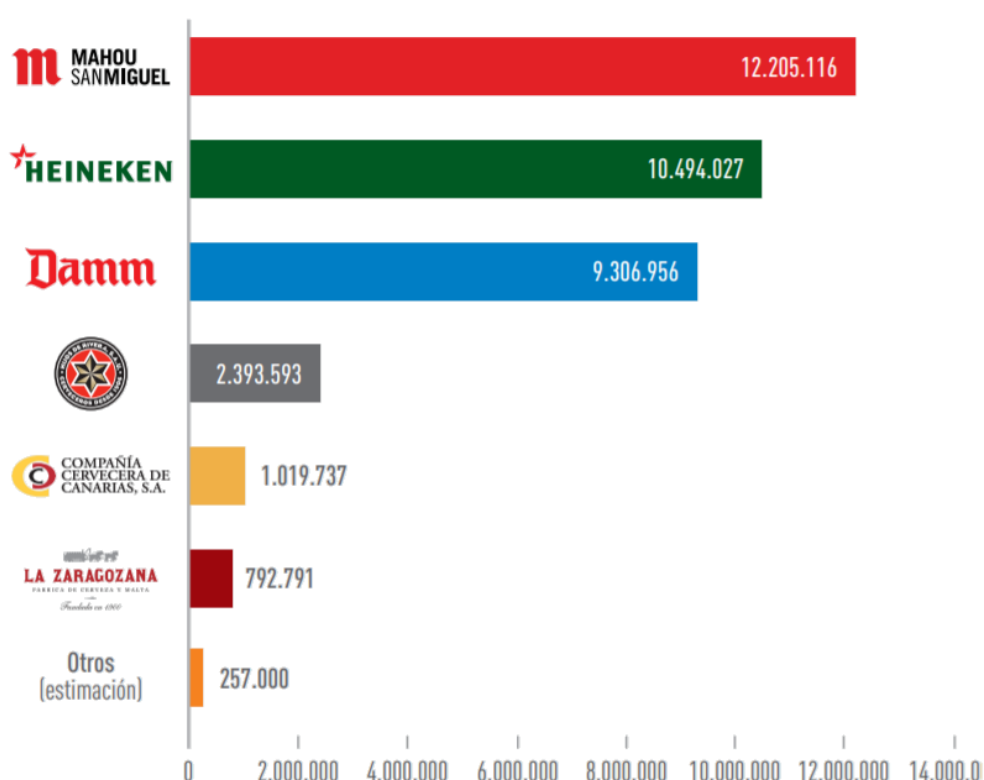


Figura 2.1. Principales productores de cerveza en España en 2016 (Fuente: Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España[1]).

El consumo per cápita de cerveza en España es de 46,6 litros, valores muy por debajo de los 143 litros que presenta República Checa, país que encabeza la lista.

En 2016 se comercializaron fuera de España cerca de 2,4 millones de hectolitros de cerveza, siendo Guinea Ecuatorial, Portugal, China y Reino Unido los principales destinos. El nivel de exportación, España ha crecido un 261% en los últimos 10 años. En cuanto a importación, se sitúa en los 4,5 millones de hectolitros de cerveza, un 6% menos que el año anterior. Por delante se encuentran Reino Unido, Francia, Alemania e Italia.

En referencia a comercios, España tiene 483 cervecerías activas, aumentando un 643% en los últimos 6 años. Con las microcervecerías sucede algo similar, en 2016 España disponía de 465 microcervecerías, mientras que en 2010 solo 46. Ambas listas las encabeza el Reino Unido con valores aproximados a 2.500 en cada caso.

Finalmente, en cuanto a empleo, la cerveza contribuye a la creación de más de 344.000 puestos de trabajo en España y aporta 7.000 millones de euros en valor añadido a la economía<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Fuente: Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

## 2.3. Materia prima

Esencialmente, la cerveza es el producto de la fermentación de extractos de malta de cebada mediante la acción de la levadura. Mientras que la malta y la levadura hacen contribuciones importantes al perfil de la cerveza, su calidad y carácter dependen mucho del agua y de los lúpulos utilizados en su producción.

Debería ser obvio que la comprensión de los principales ingredientes será la clave para preparar una gran cerveza. A continuación, se explicarán detalladamente los principales ingredientes que intervienen en la fabricación de cerveza artesana.

### 2.3.1. Agua

El agua constituye entre el 85% y 90% de la cerveza, es por ello que tiene una gran importancia de cara a obtener un buen producto de calidad. Dependiendo del perfil que tenga el agua utilizada, la cerveza resultante puede verse afectada en diferentes aspectos tales como amargor, aroma, astringencia, etc. Esto se debe a las distintas sales disueltas en el agua, las cuales ayudan a resaltar o no estos matices aportados por los ingredientes utilizados durante la elaboración.

Antes de 1880, los cerveceros no entendían la química del agua, por lo que los estilos de cerveza se veían limitados por el tipo de agua disponible en la zona. La mayoría de los grandes estilos de cerveza del mundo se originaron de esta manera, gracias al ingenio de cerveceros que exploraron las posibilidades de las aguas de su región. Algunas de las regiones más conocidas por sus cervezas artesanas serían las siguientes: Pilsen, Munich, Londres y Burton-on-Trent,

Hoy, por supuesto, existe el lujo de preparar cualquier estilo de cerveza en cualquier lugar, independientemente del agua de la región. Este se debe a la posibilidad de tratar el agua agregando o rebajando el nivel de minerales presentes en ella y así crear el perfil deseado. Los minerales disueltos en agua pueden tener algunos sabores propios, pero, lo que es más importante, afectan a la química y al pH del mosto, y también al sabor del lúpulo de maneras específicas.

Para conocer con mayor detalle las características de calidad del agua de red existen informes anuales de calidad del agua facilitados por el proveedor local de agua, en este caso por *Aigües de Barcelona*. En el Anexo I. Análisis químico del agua de red (2017) se muestra el informe obtenido para el agua de red disponible en la localización de la planta piloto.

Para seguir entendiendo mejor el comportamiento del agua durante el proceso de elaboración de cerveza es necesario explicar cuatro conceptos esenciales:

- pH
- Alcalinidad
- Dureza
- Iones

#### 2.3.1.1. pH

Es importante conocer el pH del agua y del mosto obtenido en la maceración ya que la transformación de los almidones en azúcares va a depender mucho de este. El pH puede variar en función de la temperatura a la que se encuentre tanto el agua como el mosto, por eso se deben tener en cuenta factores de corrección cuando se trabaja a temperaturas elevadas.

#### 2.3.1.2. Alcalinidad

La alcalinidad es la resistencia que ejerce el agua a que el pH sea reducido. Equivaldría a la cantidad iones presentes en el agua que reaccionan para neutralizar un ácido. La mayoría de estos iones corresponden a la presencia de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ )

En términos de concentraciones molares, se podría definir la alcalinidad según la siguiente ecuación, aunque en la práctica se pueden despreciar los dos últimos términos.

$$\text{Alcalinidad} = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] + [\text{H}^+] \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Existen softwares online que permiten calcular la alcalinidad el agua de manera directa<sup>2</sup>.

Si la presencia de bicarbonatos en el agua es elevada, el pH será muy difícil de cambiar y, por lo tanto, durante el proceso de maceración, el pH no variará y no se conseguirá el valor óptimo para poder convertir los almidones en azúcares.

#### 2.3.1.3. Dureza

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) y calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ). El agua

---

<sup>2</sup> Software para el cálculo de la alcalinidad: <http://bit.ly/1VOWfp1>



denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales. Contrariamente, el agua “blanda” las contiene en baja cantidad.

De la misma manera que para el cálculo de la alcalinidad, también existen softwares para el cálculo de la dureza<sup>3</sup>.

Conocer la cantidad de calcio es imprescindible en la química del macerado. Trabajar con un agua que presenta una cantidad inferior a 50 ppm de calcio puede provocar problemas durante la maceración y fermentación. Estos iones son imprescindibles para las levaduras y para conseguir un pH óptimo durante el macerado.

#### 2.3.1.4. Iones

Las sales minerales presentes en el agua se pueden encontrar en los informes anuales de calidad del agua por regiones o en las etiquetas de los envases en el caso de utilizar agua embotellada. Estas sales, dado que están muy diluidas en el agua, se encuentran totalmente disociadas en iones, por lo que es más correcto hablar de iones disueltos. Dependiendo de las cantidades y los porcentajes de los iones en el agua se potenciarán algunas características organolépticas de la cerveza. Hay solo unos pocos iones del agua que desempeñan un papel importante en la química de la maceración, el pH y el sabor de la cerveza. En la siguiente tabla se hace un resumen de los iones más importantes y los efectos que tienen en el mosto.

Tabla 2.1. Rango óptimo y descripción de los principales iones del agua para la fabricación de cerveza (Fuente: *Mastering Homebrewing* [11] y *How to Brew* [4]).

Ion	Rango óptimo	Efectos sobre el mosto y cerveza
<b>Calcio</b> (Ca <sup>+2</sup> )	50 – 150 ppm	Catión más importante. Componente principal de dureza. Acidifica. Imprescindible para la maceración. Mejora la acción enzimática. Precipita fosfatos. Acelera la proteólisis. Mejora la estabilidad de la cerveza terminada. Mejora la clarificación.
<b>Magnesio</b> (Mg <sup>+2</sup> )	0 – 30 ppm	Componente de la dureza. Acidifica. Precipita fosfatos. En exceso, puede contribuir a un sabor amargo desagradable.
<b>Sodio</b> (Na <sup>+</sup> )	0 – 100 ppm	Tiene efectos sobre la cerveza final. Aporta cuerpo y acentúa la dulzura de la malta. En exceso aporta sabores salados y amargos.
<b>Potasio</b> (K <sup>+</sup> )	2 – 10 ppm	Necesario para el crecimiento de la levadura. Aporta sabor salado en concentraciones elevadas a 10 ppm
<b>Cloruro</b> (Cl <sup>-</sup> )	0 – 250 ppm	Aumenta estabilidad y clarificación. Acentúa los sabores a malta y la percepción del sabor dulce.

<sup>3</sup> Software para el cálculo de la dureza: <http://bit.ly/2pAEVAA>

<b>Sulfato</b> ( $\text{SO}_4^{-2}$ )	10 – 250 ppm	Promociona la degradación del almidón y las proteínas. Favorece la precipitación y la sedimentación. Acentúa el amargor.
<b>Bicarbonato</b> ( $\text{HCO}_3^+$ )	0 – 300 ppm	Fuertemente alcalino, resiste la acidificación del pH. Adormece la alfa amilasa. Enfatiza la amargura del lúpulo. Proporciona cuerpo y dulzor. Concentraciones altas apropiadas para cervezas oscuras.

#### 2.3.1.4.1 PERFILES DEL AGUA EN REGIONES FAMOSAS POR SU CERVEZA

Como se ha indicado previamente, los estilos de cerveza fabricados en determinadas regiones venían condicionados por el agua de dicha región. A continuación, se indican los perfiles del agua de red de las regiones más conocidas por sus cervezas.

Tabla 2.2. Composición química del agua de algunas regiones cerveceras famosas (Fuente: *The brewmaster bible*).

Lugar	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{Na}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{-2}$	$\text{HCO}_3^+$
Burton-on-Trent	295	55	40	35	660	200
Dortmund	261	23	69	106	260	180
Dublin	117	4	12	19	54	319
Londres	52	16	99	60	77	156
Munich	75	18	10	2	8	152
Pilsen	7	2	2	5	5	14

### 2.3.2. Malta

El malteado es el tostado de granos previamente germinados.

Existen varios tipos de granos de cereal que se pueden emplear con éxito en el proceso de elaboración de cerveza (trigo, avena, arroz, etcétera), pero son los de cebada los mejores en la producción cervecera. El grano de cebada parcialmente germinado y secado es un paquete complejo de bioquímica, capaz de aportar almidón, proteínas, enzimas y otros componentes durante el proceso de elaboración. Asimismo, contribuye en el color, alcohol y sabor de la cerveza final.



*Figura 2.2. Planta de cebada (Fuente: <http://shutterstock.com> [6]).*

La cebada es una hierba del género *Hordeum* perteneciente a la familia de las gramíneas. Fue uno de los primeros granos domesticados en el Medio Oriente a aproximadamente 10.000 a.C. Los primeros agricultores seleccionaban cuidadosamente las cualidades deseadas, replantaban las semillas más selectas y finalmente creaban cepas perfectamente adecuadas para la elaboración de cerveza: con proteína baja, falta de gluten (en comparación con el trigo) y granos que trillaban con las cáscaras intactas. De hecho, los pueblos antiguos elaboraban cerveza, porque la cebada con esas características no es tan buena para alimentos más comunes como el pan.

En el transcurso de los años, se ha ido imponiendo, prácticamente en todo el mundo, el aroma de las cervezas elaboradas a partir de cebada malteada. Además, la cebada utilizada para la elaboración de malta destinada a la producción de cerveza es más rica en almidón, que es la sustancia que da origen a los extractos fermentables. También contiene proteínas, generalmente en cantidades más que suficientes para proporcionar los aminoácidos necesarios para el crecimiento de la levadura, y las sustancias nitrogenadas que desarrollan un papel importante en la formación de espuma.

### 2.3.2.1. La planta

Existen numerosas variedades de cebada. Difieren no sólo en la forma de la planta o en el aspecto de la espiga, sino también en sus características fisiológicas.

Así pues, la cebada se puede clasificar según el número de granos en cada posición a lo largo del tallo: cebada de dos hileras (Figura 2.3, *Hordeum distichum*) y cebada de seis hileras (Figura 2.4, *Hordeum hexastichon*), siendo el primer tipo más apto para la elaboración de cerveza debido a su mayor cantidad de azúcares fermentables y menor de proteínas. Debido a su alto nivel de enzimas, la cebada de seis hileras se utiliza mejor para preparar cervezas con arroz o copos de maíz, que carecen de enzimas propias.



Figura 2.3. Cebada de dos hileras (*Hordeum distichum*)  
(Fuente: <https://cervezomicon.com> [7]).



Figura 2.4. cebada de seis hileras (*Hordeum hexastichon*)  
(Fuente: <https://cervezomicon.com> [7]).

### 2.3.2.2. El grano

El grano de cebada recién cosechado no aporta ningún tipo de sabor y es casi imposible trabajar con él durante el proceso de elaboración de cerveza. Por ello, es necesario someterlo a un proceso llamado “Malteado” por tal de transformarlo de la manera más adecuada y poder aprovechar al máximo sus propiedades (en la página 61 se encuentra detallado este proceso).

El grano se compone de tres partes: el salvado (o cáscara), el germen (o embrión) y el endospermo (Figura 2.5):

- El **salvado** es la capa externa del grano, compuesta a su vez por multicapas que recubren el resto de la semilla para protegerla de la luz solar, agua y enfermedades propias de la planta.

Esta hace que el proceso de malteado sea más fácil que los otros cereales. La planta la utiliza para proteger su embrión y su reserva de alimento contra los elementos y las bacterias, pero, además también facilita la labor del cervecero en el proceso de elaboración.

- El **germen** es la parte interna del grano y es un componente menor en el peso del grano. En él se pueden encontrar nutrientes como proteínas y minerales.
- El **endospermo** es la parte media del grano y la proporción más grande representando aproximadamente el 85% de su peso. En este se encuentra el almidón duro e insoluble protegido en pequeños compartimentos.

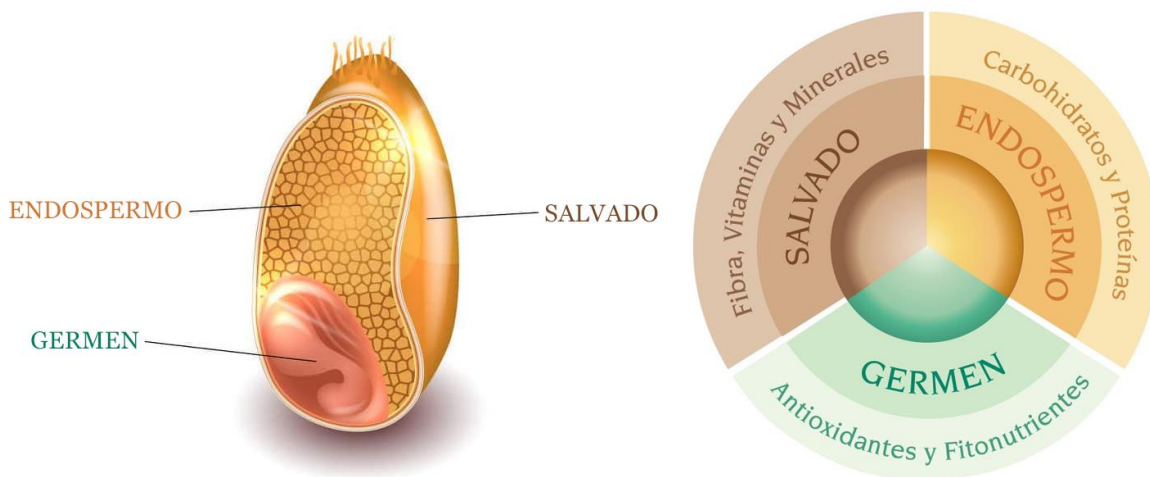


Figura 2.5. Estructura general de un grano entero de cebada. (Fuente: <https://wholegrainscouncil.org> [8]).

El proceso de malteado consiste en someter el grano a diferentes estados de humedad y temperatura por tal de iniciar la germinación. Durante esta etapa se desarrolla un producto con textura desmenuzable, baja temperatura de gelatinización, múltiples enzimas esenciales en el proceso de elaboración, un almidón fácilmente disponible, proteínas para la nutrición de levadura y una cáscara neutra que hace un filtro perfecto para el mosto en el proceso de macerado. Desde el embrión se liberan unas hormonas (principalmente ácido giberélico) capaces de activar unas enzimas, encargadas de transformar el almidón en azúcares fermentables y degradar las moléculas de proteína. Este proceso (Figura 2.6) se controla gracias al tamaño del brote embrionario o plúmula y, una vez alcanzados el nivel deseado de germinación, mediante calor, se detiene la conversión de almidón en azúcares. Según la temperatura usada en este punto se pueden dar distintos perfiles de aroma, sabor y color a la malta.

La conversión del almidón en azúcares fermentables se reiniciará en el proceso de macerado.

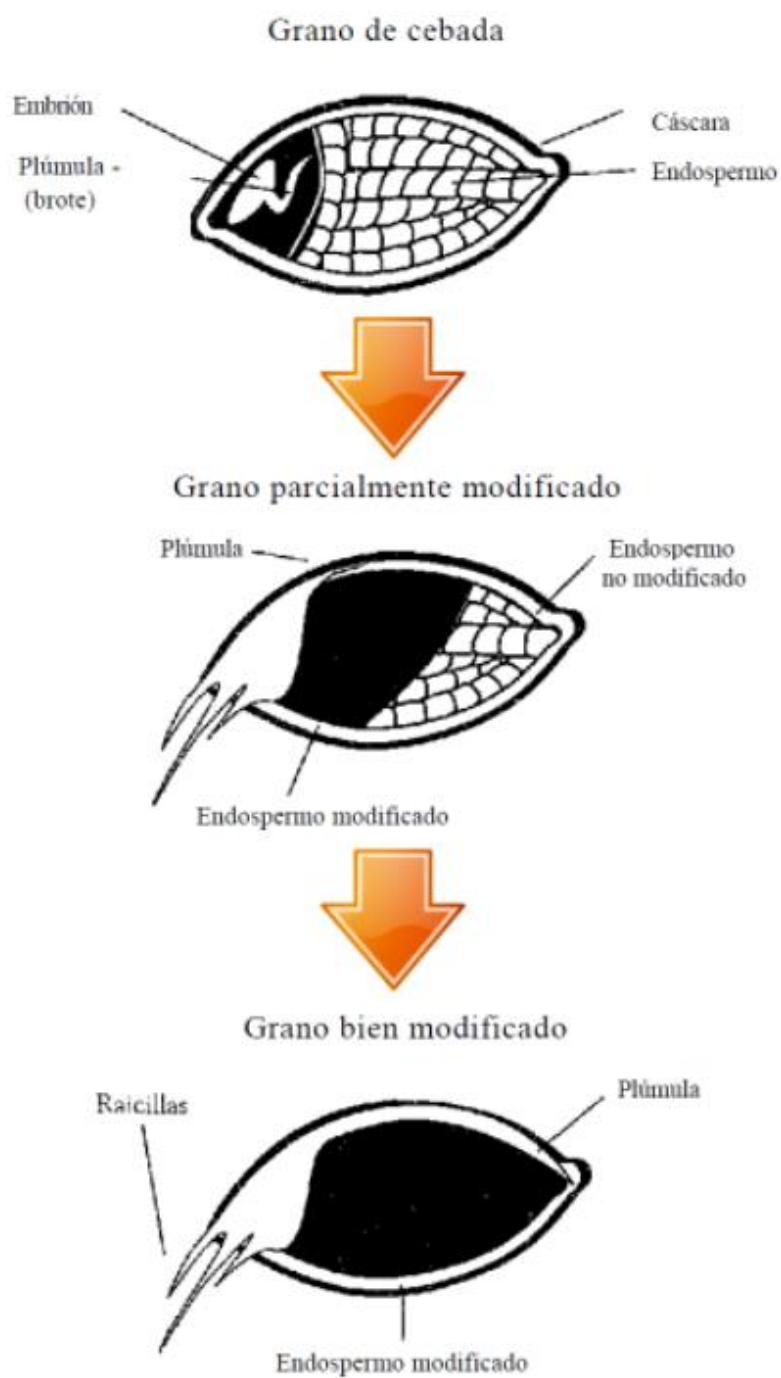


Figura 2.6. Evolución del grano durante el proceso de malteado. (Fuente: Poesía líquida. Un manual para cervesiáfilos [10]).

### 2.3.2.3. Variedades de malta

Así pues, según la duración, la temperatura y el nivel de humedad durante la última fase del malteado (el horneado) se pueden obtener diferentes categorías de malta, los cuales aportaran distintos perfiles de aroma, sabor y color a la cerveza final.

Existe una escala capaz de medir el color de la malta: la escala de color Lovibond ( $^{\circ}\text{L}$ , Figura 2.7), nombre que proviene del inventor de este método de medición. Originariamente fue creado para medir el color de la cerveza, pero con el paso del tiempo se ha adaptado también al color de las maltas, correspondiendo los valores más bajos de la escala a las maltas más claras y los más elevados a las más oscuras.

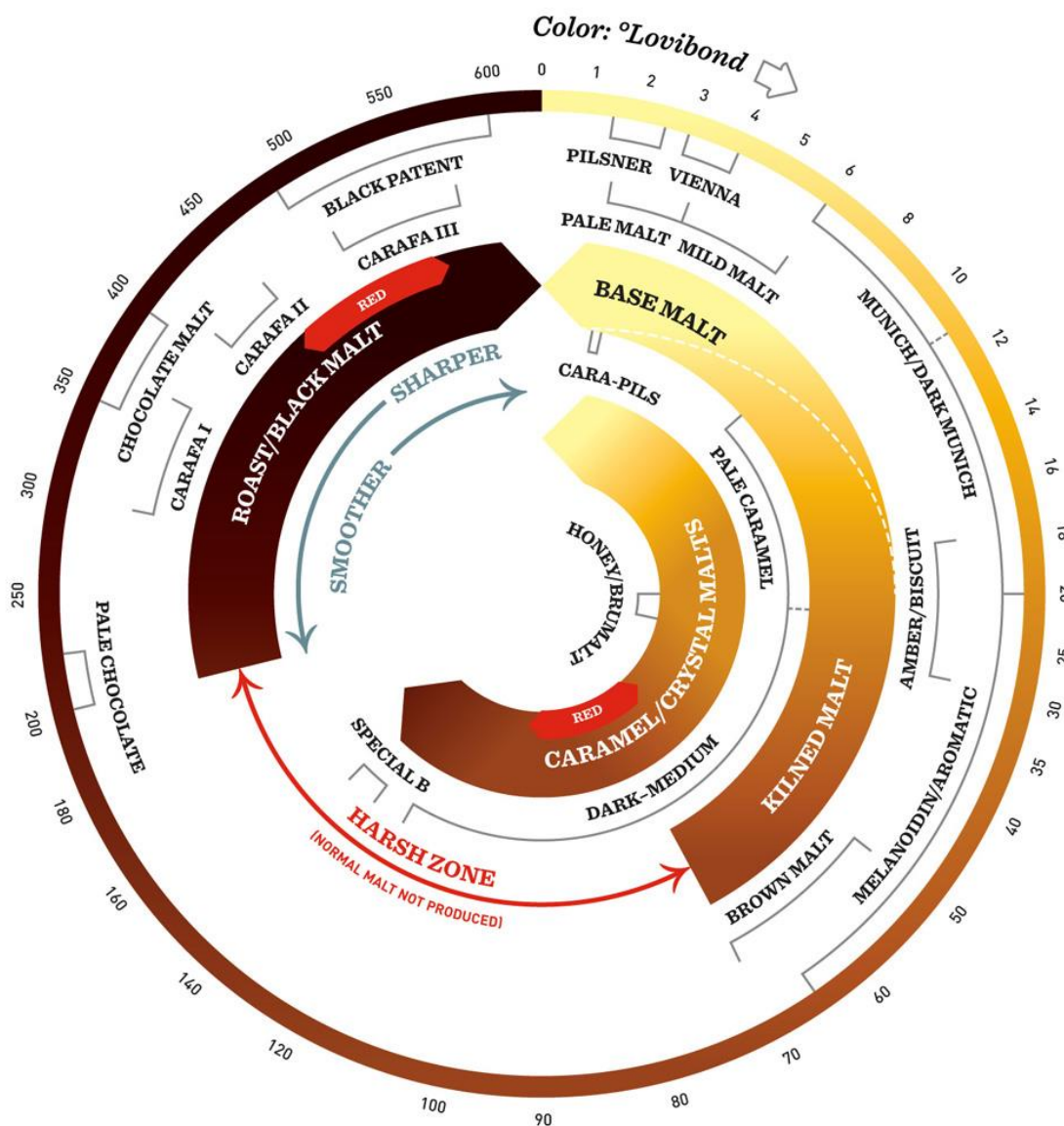


Figura 2.7. Clasificación de los diferentes tipos de malta según la escala de color Lovibond (Fuente: Mastering homebrew [11]).

#### 2.3.2.3.1 MALTA BASE

Son las maltas más claras de todas. Tienen este nombre debido a que presentan la mayor proporción de malta de una receta de cerveza, incluso en las cervezas más oscuras (normalmente alcanzan niveles de al menos el 85% de las maltas). Las bajas temperaturas y la corta duración durante el horneado permiten retener la mayor parte de los azúcares potenciales, así como contener el mayor poder diastático de todas las maltas. Son capaces de transformar no sólo sus propios almidones, sino también los de aquellas maltas con menor poder diastático.

#### 2.3.2.3.2 MALTA TOSTADA

Las maltas tostadas se elaboran a partir de hornear maltas base totalmente secas, a temperaturas superiores a 170°C. Cuanto más alta es la temperatura, más se incrementa la reacción Maillard en detrimento de la caramelización, dando a los granos colores de oscuridad entre media y total, con sabores que recuerdan al mismo tostado, a la nuez o a la galleta.

#### 2.3.2.3.3 MALTAS CARAMEL

También conocidas como *Cristal*. Para la elaboración de este tipo de malta se utiliza la malta verde sin secar y se pasa directamente a tostar al finalizar la germinación. Para la elaboración de este tipo de maltas primero se calientan los granos a 65-70 °C durante hora y media para activar las enzimas que ayudaran al almidón convertirse en azúcar. Posteriormente los granos se elevan a 150-180 °C para que el interior del grano se caramelize. El tiempo de esta etapa dependerá del color que se quiera obtener, variar también el sabor que aportará a la cerveza.

#### 2.3.2.3.4 OTROS GRANOS MALTEADOS

A pesar de ser la cebada el grano más usado en la elaboración de cerveza, existen otros cereales malteados, como el trigo, el centeno y/o la avena, capaces de aportar cualidades a la cerveza, contribuyendo a crear una cerveza más compleja y con sabor único. Todos ellos poseen poder diastático. El trigo es el único que se utiliza en porcentajes elevados, pudiendo llegar hasta el 75 % en las cervezas de trigo.

#### 2.3.2.3.5 ADJUNTOS

Cualquier producto distinto de la malta que se use en el proceso cervecero para producir extracto en la cuba de maceración, se designa como adjunto.



Además de los granos mateados, también se pueden usar granos no malteados, y pueden incluir arroz, maíz, cebada, trigo, avena y/o centeno. Los adjuntos tienen varias funciones: permiten conseguir un color más brillante y mayor cuerpo, añaden complejidad al sabor y al aroma, permiten conseguir cervezas sin gluten y abaratan costes.

Para que la conversión enzimática suceda, los almidones del grano tienen que ser gelatinizados. Ello significa que su estructura tiene que ser descompuesta por el calor y el agua. Sin embargo, cada grano tiene una temperatura diferente de gelatinización. Los granos no malteados generalmente tienen una temperatura de gelatinización más elevada que los granos malteados, de modo que se tienen que tratar de manera específica para poder disponer de los almidones contenidos en su interior.

El porcentaje máximo de los adjuntos añadidos en la receta no puede ser muy elevado, ya que siguen siendo las enzimas proporcionadas por la malta de cebada las encargadas de convertir todo el almidón.



*Figura 2.8. Diferentes granos útiles para elaborar cerveza (Fuente: <http://blog.novozymes.com> [12]).*

### 2.3.3. Lúpulo

El lúpulo actualmente se considera uno de los constituyentes principales de la cerveza insustituible, proporcionando su característico sabor amargo. A pesar de ser un ingrediente básico, el inicio de su uso fue mucho tiempo después de ya nacida la bebida, ya que antes se utilizaban otras hierbas y plantas. El uso generalizado del lúpulo en la elaboración de cerveza no se produjo en Europa hasta principios del siglo XV, cuando se vio que, además de aportar amargor y aroma, brindaba cierta protección bacteriológica.

#### 2.3.3.1. La planta

El lúpulo (*Humulus lupulus*) es una planta perteneciente a las familias cannabiaceas, perenne y trepadora, que normalmente llega a tener cinco o más metros de altura. Para la producción de cerveza solo se utilizan las inflorescencias (conos) de la planta femenina.



Figura 2.9. Flor del lúpulo (Fuente <http://shutterstock.com> [6]).



Figura 2.10. Sección de un cono de lúpulo (Fuente: <http://revistamash.com> [13]).

Las flores de la planta del lúpulo contienen en su interior unas glándulas de color amarillo llamadas lupulina (Figura 2.10). Estas glándulas presentan una complejidad química que la hace única, aportando los componentes amargos y aromáticos característicos. Al tacto, la lupulina es una sustancia similar al polen, un polvo aceitoso y resinoso.

#### 2.3.3.2. Compuestos presentes en el lúpulo

En la siguiente tabla se define una proporción aproximada de la composición del lúpulo, siendo las resinas, los aceites y los taninos las sustancias más importantes en la elaboración de cerveza. Estos se encuentran presentes en la lupulina.

Tabla 2.3. Composición química aproximada del lúpulo (Fuente: *The chemistry of hops constituents* [14])

Elemento	%
Agua	10
Resinas	15
Aceites esenciales	0,5
Taninos	4
Monosacáridos	2
Pectinas	2
Aminoácidos	0,5
Proteínas	15
Ceniza	8
Celulosa, etc.	43
	<b>100</b>

A continuación, se detallan los compuestos más importantes:

#### - Resinas

En los lúpulos hay varios tipos de resinas: blandas y duras. Todas son interactivas en el proceso, pero las principales se encuentran dentro del grupo de resinas blandas y son los alfa-ácidos y beta-ácidos.

- **Alfa-ácidos:** Estas son los compuestos más importantes para el amargor de la cerveza. Están formados principalmente por la humulona, la cohumulona y la adhumulona. Sin calor son insolubles y casi no tienen amargor, es por ello que se añaden al mosto hirviendo, donde se isomerizan y se transforman en moléculas parcialmente más solubles (iso-humulona, iso-cohumulona e iso-adhumulona). El amargor proviene generalmente de la iso-humulona. Es importante conocer las cantidades de alfa-ácidos presentes en los lotes de lúpulo ya que serán los que definan el amargor de la cerveza. Existe una unidad, el IBU (*International Bittering Units*) capaz de medir el amargor de la cerveza. Esta unidad se define como un miligramo de iso-alfa ácidos en un litro de mosto o cerveza. El método de cálculo de estas unidades de especifica en el Anexo II. Cálculo de IBUs. Si no se conservan en buenas condiciones, los alfa-ácidos se oxidan e irán perdiendo sus propiedades amargas a lo largo del tiempo.
- **Beta-ácidos:** Estos ácidos aportan mucho menos amargor que los anteriores, y por lo tanto no entran en los cálculos de los IBUs. También son principalmente tres compuestos: lupulona, colupulona y adlupulona, los cuales se isomerizan y se convierten en iso-lupulona, iso-colupulona e iso-adlupulona. Estos, al contrario que los alfa-ácidos, mejoran con el tiempo.

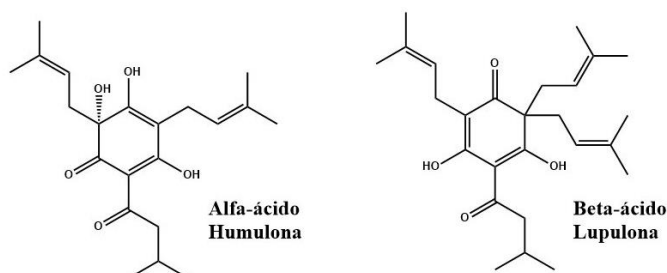


Figura 2.11. Molécula de la humulona y lupulona (Fuente: <http://dciencia.es> [15]).

### - Aceites esenciales

Los lúpulos contienen todo un abanico de aceites esenciales aromáticos. Hay cientos de compuestos que incluyen ésteres, aldehídos, cetonas y ácidos, pero el grupo de compuestos más aromáticos son los terpenos. Los principales terpenos son el humuleno, el cariofileno, el mirceno y el farneseno. Dentro de este grupo, el humuleno es el más apreciado, en cambio el mirceno tiene la reputación de ser áspero. Por eso, los lúpulos con niveles altos de este compuesto no se suelen utilizar para aportar aroma.

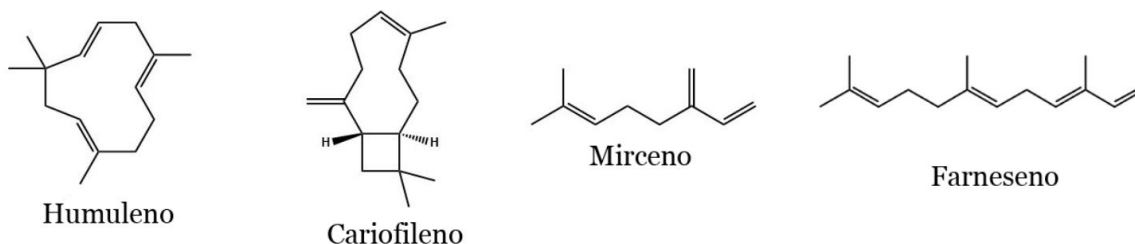


Figura 2.12. Moléculas de diversos aceites esenciales (Fuente: <http://dciencia.es> [15]).

Los aceites esenciales son muy efímeros y, a la vez, muy poderosos, hay que tener en cuenta que son muy pocas las moléculas que sobreviven al proceso de ebullición, debido a su alta volatilidad. En general, los aromas que aportan a la cerveza son herbáceos, florales, afrutados, cítricos y especiados, pero las combinaciones y las intensidades hacen que identificarlos en la cerveza sea una actividad muy interesante.

### - Taninos

Los taninos o polifenoles reaccionan con las proteínas no deseadas de la malta en el mosto y las hacen insolubles, así es más fácil de filtrar o sedimentar. También contribuyen a la formación y la retención de la espuma. El exceso de tiempo de hervido puede provocar sabores amargos ásperos y sabores astringentes.

#### 2.3.3.3. Variedades de lúpulo

Existen muchas variedades diferentes de cepas de lúpulo que se podrían dividir en dos grandes grupos, aquellas variedades que imparten principalmente amargor y poco aroma, y aquellas que imparten principalmente aroma y poco amargor. Por lo general, las flores de las variedades que imparten aroma suelen estropearse y perder sus esencias antes que el otro grupo. En algunos lugares del mundo se suele decir del primer grupo que también aportan sabor.

Los lúpulos encargados de aportar amargor se caracterizan por contener mayores concentraciones de alfa-ácidos, pero sus aromas y sabores se consideran menos refinados que los de los lúpulos aromáticos. Sin embargo, la clasificación en uno u otro grupo es una cuestión subjetiva e incluso existen lúpulos que participan en ambas categorías.

A parte de esta categorización, los lúpulos también se pueden clasificar según su origen: lúpulos alemanes, ingleses o americanos. Los alemanes se caracterizan por ser uno de los lúpulos de aroma más caros del mercado. Otorgan un amargor suave y un aroma floral y herbal a la cerveza. Los lúpulos ingleses presentan variedades tanto de amargor como aromáticas. Algunas características de estos son las notas herbales, a césped, terrosas, florales y afrutadas. Por último, los lúpulos americanos presentan una gran variedad de lúpulos distintos, muchos de los cuales se pueden considerar de uso dual, es decir, con altos niveles de alfa ácidos y agradables cualidades aromáticas.

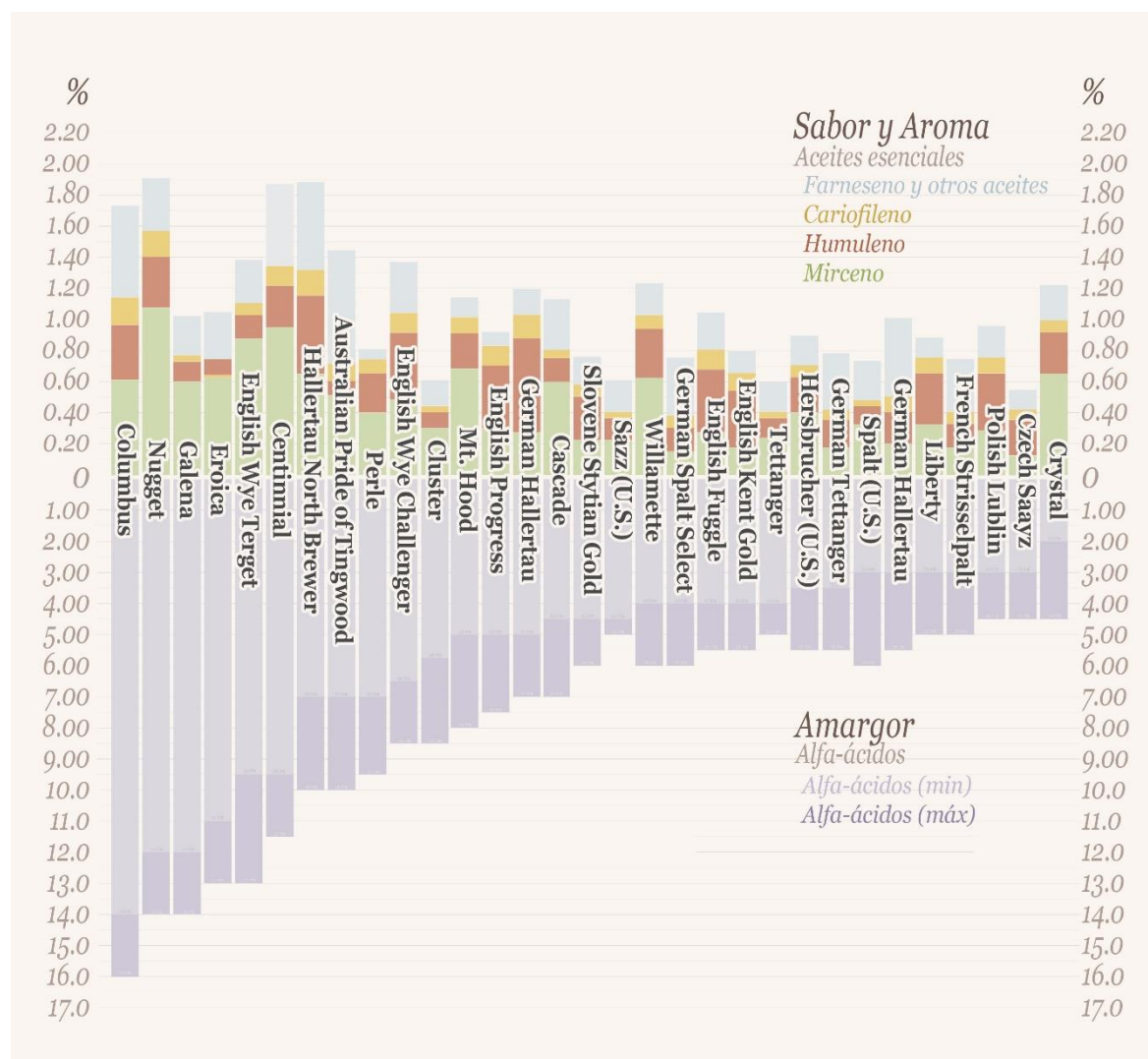


Figura 2.13. Gráfico con la composición de aceites esenciales y alfa-ácidos para diferentes variedades de lúpulo (Imagen adaptada, fuente original: <https://datasupply.co> [16]).

Tanto el aroma como el amargor del lúpulo se extraen en el momento en el que estos son añadidos al mosto en cocción. Variando el tiempo de la adición se pueden obtener resultados diferentes. Los alfa-ácidos de los lúpulos de amargor se isomerizan con altas temperaturas y disuelve el sabor amargo en el mosto. Este tipo de lúpulo suele permanecer en el mosto en cocción por mayor tiempo, sin exceder

la hora y media de hervido para no extraer los sabores astringentes de las flores. Por el contrario, debido a la alta volatilidad de los compuestos aromáticos, se suelen añadir en los últimos minutos del hervido para evitar que se pierdan con el vapor de la cocción. Estos compuestos también tienen una oxidación alta a la luz, pudiendo transformarse en aromas desagradables. Es por eso que, por lo general, las botellas de cerveza son de color marrón, ya que evitan el paso de la luz y así su oxidación.

La cantidad de aceites esenciales y resinas variara en función del lúpulo utilizado. La Figura 2.13 muestra algunas variedades de lúpulo con su respectivo porcentaje de aceites esenciales (en la parte superior) y alfa-ácidos (en la parte inferior). Cada columna corresponde a un tipo de lúpulo diferente y se puede apreciar que existen un elevado número de combinaciones capaces de adaptarse a la necesidad concreta de cada receta o al gusto del cervecero.

#### 2.3.3.4. Comercialización

El lúpulo se distribuye generalmente en tres formatos: en flor, en pellets o en extracto. Asimismo, algunos cerveceros artesanos han empezado a utilizar lúpulos frescos no procesados para la elaboración de sus recetas.



Figura 2.14. Lúpulo en diferentes formatos de comercialización. De izquierda a derecha: lúpulo en flor, pellets y extracto (Fuente: *Mastering homebrew* [11]).

##### - Lúpulo en flor

Se presentan las hojas del lúpulo en conos secos comprimidos. Se cree que tienen mayores cualidades aromáticas que las otras formas y son más fáciles de retirar del mosto. Sin embargo, estos lúpulos absorben más mosto que otros formatos y, por lo tanto, hay una mayor pérdida para el cervecero. Su volumen también hace que sea más difícil de almacenar y más susceptibles de que se deteriore. Para su conservación óptima se recomienda el uso de temperaturas bajas y evitar el contacto con el aire (preferiblemente envasado al vacío).

##### - Lúpulo en pellet

Es el tipo de lúpulo más usado en el sector de la cerveza artesana. Para crear este formato de lúpulo se rallan, se comprimen y se moldean los lúpulos secos, adquiriendo así la forma que se ve en la Figura 2.14. El proceso de rallado elimina una parte de material vegetativo, hecho que permite usar menos volumen que si usáramos lúpulo en flor. Su peso y compresión también hace que sean mucho más fáciles de almacenar, y menos susceptibles a la oxidación.

#### - Extracto de lúpulo

En los extractos de lúpulo, los alfa-ácidos y los aceites esenciales se extraen de los conos usando calor y disolventes varios. Estos extractos de líquido concentrado pueden usarse en sustitución de los lúpulos en el proceso de elaboración de cerveza. Sin embargo, hay que tener en cuenta que hay distintos extractos, unos para dar amargor, otros para dar sabor y otros para el aroma. Son las grandes cervecerías las que usualmente utilizan los extractos. Estos son fáciles de almacenar y pueden mantenerse durante largos períodos de tiempo. Para la elaboración de lotes pequeños puede dificultar el proceso debido a su elevada concentración, provocando sabores indeseables.

#### 2.3.4. Levadura

La levadura es un hongo unicelular eucariótico, lleva material genético físicamente comprimido dentro de la membrana nuclear separada del citoplasma. Sus hábitats naturales son muy variados, pueden ir desde frutas, hojas, flores, la piel y el interior de los mamíferos, donde llegan a vivir en simbiosis o como parásitos.

El hombre primitivo no entendía el proceso de fermentación, ni mucho menos el genoma de la levadura. La investigación seria empezó en 1830, cuando Louis Pasteur identificó la levadura como un organismo y como la responsable de la fermentación. En los siguientes años se consiguieron aislar cepas puras de levadura diferenciando dos tipos: las encargadas de llevar a cabo una baja fermentación y las que se encargan de la alta fermentación. Las diferencias entre estas dos fermentaciones se explican en apartados posteriores (3.2.6.2 Tipos de fermentación, página 93).

El interés que tiene la levadura en el campo de la cerveza es su capacidad de metabolizar azúcares y producir alcohol. La clase de levadura que está extraordinariamente capacitada para realizar esta función se denomina *Saccharomyces cerevisiae*. Estas células, en condiciones óptimas se reproducen por gemación: se dividen en dos y la parte más pequeña (denominada yema) sale al exterior, crece y finalmente se independiza de su madre.



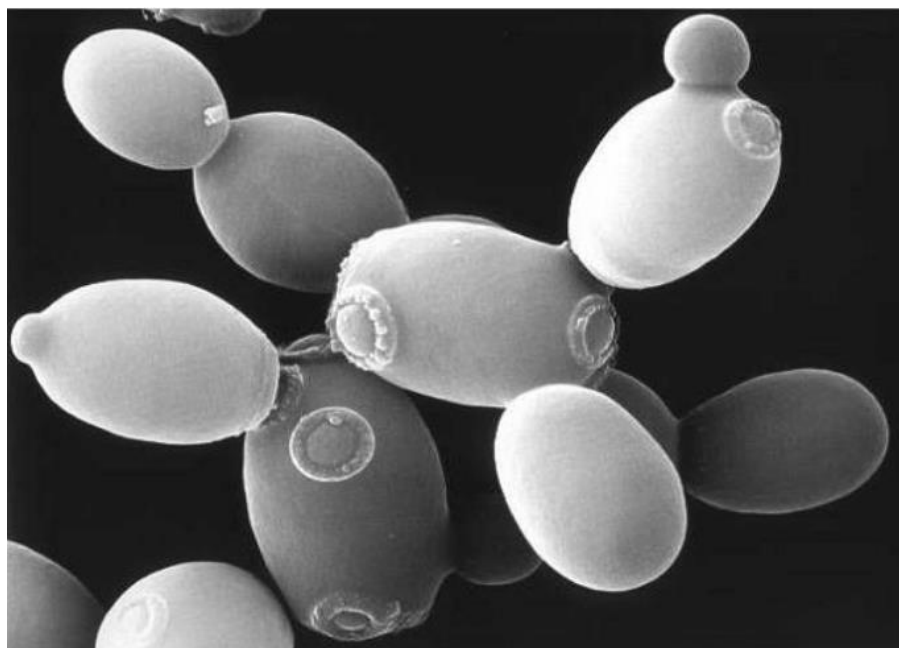


Figura 2.15. Imagen de microscopía electrónica de barrido de *Saccharomyces cerevisiae*. (Fuente: <http://mpg.de> [17]).

En presencia de oxígeno, el ciclo continuara hasta que este se agote. Después, empiezan a metabolizar y a producir alcohol etílico, dióxido de carbono, calor y otros subproductos (como ésteres, fuseles, cetonas, fenoles y varios ácidos). En la Figura 2.16 se puede ver esquematizado este proceso.

Para desarrollarse y funcionar bien, la levadura necesita nutrientes como carbohidratos fermentables, aminoácidos, vitaminas, minerales y oxígeno. Un mosto producido con una buena malta base debería tener todos los nutrientes necesarios.

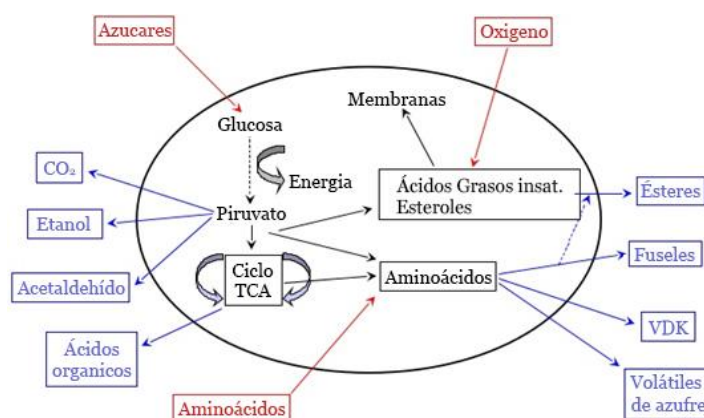


Figura 2.16. Ciclo metabólico de la levadura durante la fermentación. (Imagen adaptada, fuente original: <https://millercoors.com> [18]).

Los distintos subproductos obtenidos durante el ciclo metabólico de la levadura pueden afectar a la estabilidad biológica, estabilidad de la espuma, sabor y aromas. Los esterres son los responsables principales de los aromas aparecidos durante la fermentación. Son compuestos aromáticos volátiles



producto de combinar un alcohol y un ácido graso. Se han detectado más de seiscientos tipos diferentes en la cerveza, aportando una gran variedad de aromas e intensidades. En la siguiente figura se pueden ver la gran variedad de aromas que pueden aportar los ésteres.

		from the alcohol (first word)									
		methyl 1 carbon	ethyl 2 carbons	propyl 3 carbons	2-methyl propyl-	butyl 4 carbons	pentyl 5 carbons	hexyl 6 carbons	benzyl benzene ring	heptyl 7 carbons	octyl 8 carbons
from the carboxylic acid (second word)	methanoate 1 carbon	ETHEREAL			ETHEREAL						
	ethanoate 2 carbons										
	propanoate 3 carbons										
	2-methyl propanoate 4 carbons, branched		ETHEREAL								
	butanoate 4 carbons										
	pentanoate 5 carbons					ETHEREAL					?
	hexanoate 6 carbons										
	benzanoate benzene ring										?
	heptanoate 7 carbons						?				
	salicylate from salicylic acid								DIFFERENT PEOPLE PERCEIVE DIFFERENT AROMAS!	?	
	octanoate 8 carbons										
	nonanoate 9 carbons										?
	cinnamate										

Figura 2.17. Tabla de ésteres y su olor (Fuente: <https://jameskennedymonash.wordpress.com> [19]).

#### 2.3.4.1. Ciclo de vida de la levadura

A continuación, se explica más detalladamente las diferentes fases del ciclo de vida de la levadura (Figura 2.18):

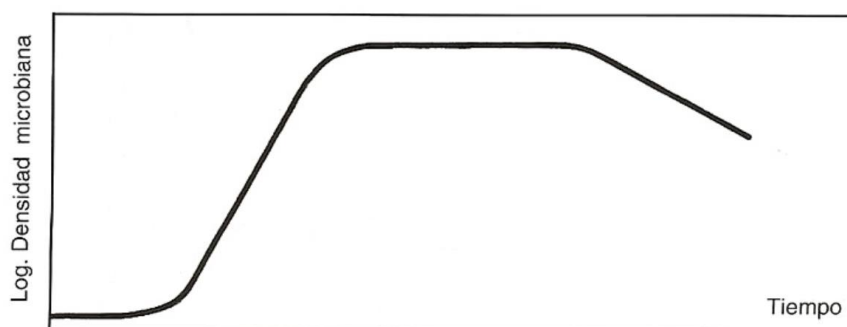


Figura 2.18. Ciclo de crecimiento de las levaduras (Fuente: <http://researchgate.net> [20]).

- **Inactividad**

Es la incapacidad interna temporal de un organismo para desarrollar una actividad celular importante. La levadura entra en este estado cuando no se encuentra en su rango de temperatura óptimo o cuando le faltan nutrientes y pasa a un estado durmiente.

- **Fase de adaptación o latencia ("lag time")**

La fase de adaptación empieza inmediatamente después de que la levadura se haya inoculado en el mosto, y se alarga aproximadamente unas 24 horas. Durante esta fase la levadura evalúa su nuevo ambiente, haciendo balance de los azúcares, el oxígeno y otros nutrientes disponibles, así como desarrollando las enzimas necesarias para tal adaptación.

- **Fase de crecimiento**

La fase de crecimiento es un período de rápida reproducción. Aunque esto se puede conseguir de forma anaeróbica, se logra de forma mucho más eficaz con la presencia de oxígeno. Una vez se ha usado el oxígeno disponible, la levadura empieza la fermentación anaeróbica.

- **Fase de estacionaria**

La fase de estacionaria dura entre 3 y 10 días, en función del tipo y la salud de la levadura. Durante este periodo, la levadura convierte los azúcares en dióxido de carbono, alcohol, otros subproductos y calor.

- **Fase de sedimentación**

Después de que termine la fase de fermentación primaria, la mayor parte de la levadura pasa a un estado latente. Sin embargo, aún resta algo de levadura en estado activo, la cual se dedicará a metabolizar azúcares más complejos y reabsorber compuestos indeseados producidos durante los primeros procesos de la fermentación. Una vez completadas esas tareas, la levadura flocula y se sedimenta volviendo a entrar en la fase de inactividad.

#### **2.3.4.2. Tipos de levadura**

La levadura se comercializa en dos formas: levadura seca y levadura líquida. A continuación, se explican sus características:

##### **2.3.4.2.1 LEVADURA SECA**

La levadura seca ha sido deshidratada para poder almacenarla y conservarla durante periodos largos de tiempo. Su coste es bajo y se comercializa en sobres, los cuales presentan una cantidad determinada

de células de levadura viables recomendada para la fabricación de aproximadamente 20 litros de cerveza. Su modo de empleo es más sencillo que las levaduras líquidas y por lo tanto se recomienda para cerveceros principiantes, además, no requiere de un tratamiento previo, aunque se recomienda su rehidratación en agua tibia antes de lanzarla al mosto para conseguir una mayor reproducción de células y mejorar la eficiencia de la fermentación.

Debido al coste y complejidad del proceso de deshidratación de las levaduras, existen muy pocas cepas, de las cuales solo una está especificada para lagers.



Figura 2.19. Levadura seca (Fuente: <https://cerveza-artesanal.co> [22])

#### 2.3.4.2.2 LEVADURA LÍQUIDA

Las levaduras líquidas tienen la ventaja de presentar una selección amplia de variedades de cepas de levadura. Por el contrario, su coste es mayor, no se conservan tanto tiempo como las levaduras secas y, por lo general, necesitan un tratamiento previo para asegurar una fermentación correcta. Este tratamiento previo se conoce como *starter* y tiene como finalidad multiplicar las células de la levadura.



Figura 2.20. Diferentes variedades de levadura líquida (Fuente: <https://cerveza-artesanal.co> [22])

#### 2.3.4.2.1 Preparación de un starter

Un cultivo *starter* simplemente es un lote pequeño de cerveza diseñado para aumentar el volumen y la frescura de la levadura. Para ello, se debe introducir la levadura líquida en un medio rico en nutrientes, aminoácidos y azúcares. Antes de empezar el starter es necesario esterilizar cualquier objeto que vaya a entrar en contacto con él.

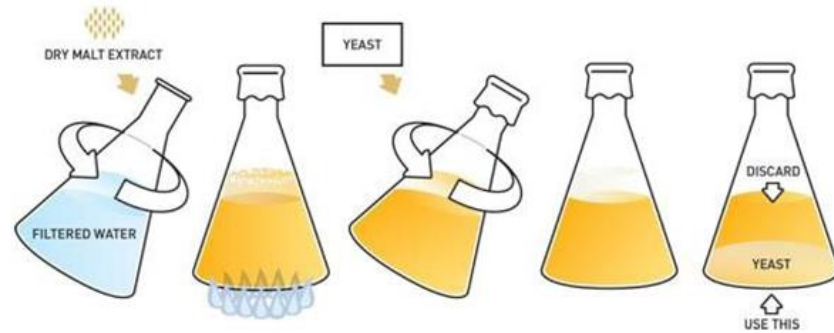


Figura 2.21. Preparación de un starter (Fuente: Mastering Homebrew [11]).

Primero de todo mezcla el extracto de malta<sup>4</sup> con agua (preferiblemente sin cloro) y se lleva a ebullición durante unos diez minutos tapando la parte superior del Erlenmeyer con papel de aluminio o un *airlock*. Pasados los diez minutos, sacar del fuego, esperar hasta que se enfríe a temperatura ambiente y añadir la levadura. Se recomienda ir agitando el Erlenmeyer cada dos horas para mejorar el rendimiento de la levadura. En un plazo de 12-48h se podrá apreciar la actividad de las levaduras y se podrá utilizar en mosto del proceso de producción.

<sup>4</sup> Extracto de malta: Se obtiene concentrado mosto de cerveza. Se puede encontrar extracto líquido y en polvo.



### 3. Proceso general de producción

En el sentido más amplio de la palabra “cervecera”, puede definirse como “los procesos combinados para preparar bebidas, a partir de la infusión de granos sanos que han germinado y la subsiguiente fermentación de la solución azucarada producida en dicha infusión, y en la que parte de estos carbohidratos es convertida en etanol y dióxido de carbono”.

El proceso general de elaboración de cerveza se compone de muchas etapas, el cual puede llegar a ser muy complejo. En función del equipo que disponga cada cervecero este se podrá simplificar más o menos, adaptándose así a sus necesidades. Hay etapas las cuales son imprescindibles en cualquier proceso de elaboración de cerveza artesana, pero hay otras que se pueden llegar a omitir o modificar por tal de reducir costes y equipo, aunque la calidad del producto final se puede llegar a ver afectada.

En los siguientes apartados se explicará detalladamente un ejemplo de proceso de elaboración de cerveza artesana que se podría llevar a cabo en cualquier micro cervecería.

Finalmente, en base al espacio que se dispone para la construcción de la planta del presente proyecto y otros criterios, se explicarán las simplificaciones de proceso que se han tenido en cuenta para el diseño de esta.

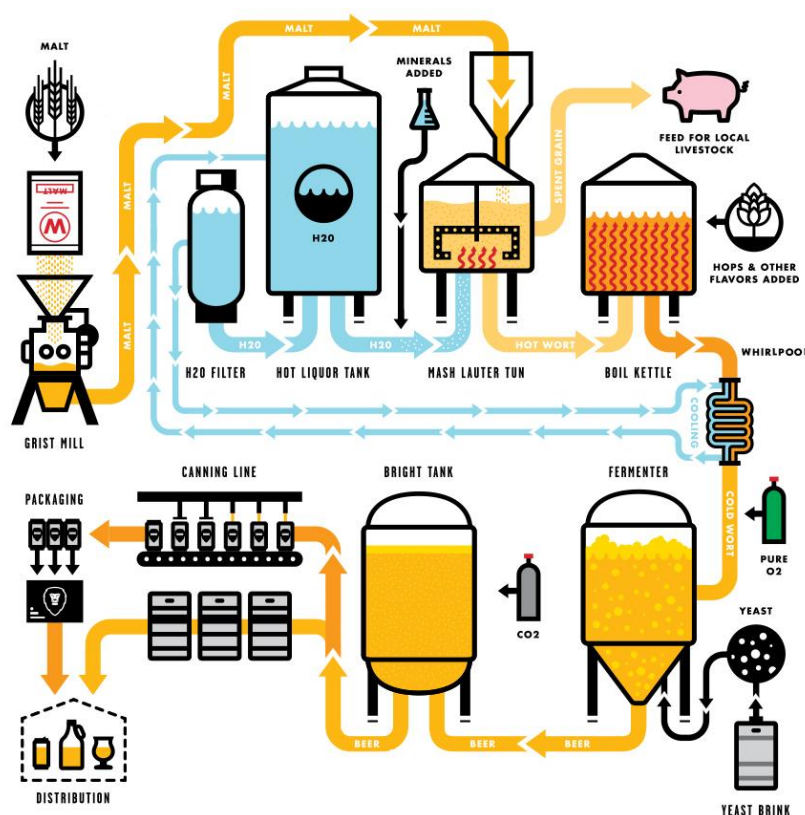


Figura 3.1. Esquema de un proceso general de producción de cerveza (Fuente: <http://aslanbrewing.com> [23]).



En la Figura 3.1 se puede ver el esquema de un proceso cualquiera de producción de cerveza. A continuación, se resume brevemente:

El proceso de elaboración en la microcervecería comienza con la recepción del grano malteado y la molienda de este. El objetivo de la molienda es romper la cáscara del grano y separarlo de su endospermo. Una vez el grano esté listo, es necesario tener preparada el agua de maceración. Esta se someterá a tratamientos de agua para habilitar su consumo y, en función del perfil que se le quiera dar al producto final, la composición química del agua se ajustará de una manera u otra.

Con estos dos ingredientes listos, se empieza con la preparación del mosto. Este proceso consiste en crear una infusión con el grano y el agua a un tiempo y temperatura determinados. Mediante la acción enzimática, se libera el extracto fermentable del grano, el cual será usado en la fermentación como sustrato de las levaduras. Se podrán añadir adjuntos como fuente suplementaria de carbohidratos tanto en la caldera de maceración como en la cuba de cocción más adelante. Una vez acabada la maceración, el mosto se filtra y se separa de la malta. El grano gastado se suele entregar a un agricultor local para usarlo como alimento para su ganado.

Seguidamente el mosto se lleva a ebullición y se realizan las adiciones de lúpulo. Durante esta etapa se solubilizan e isomerizan las sustancias amargas y los aceites del lúpulo, encargados de aportar el aroma y amargor característicos de la cerveza. También se crea un coágulo de proteínas por el efecto del calor. Este se separa del mosto con la finalidad de clarificarlo mediante un remolino o *whirlpool*. Posteriormente se enfría el mosto hasta la temperatura de inoculación de la levadura. Esta parte del proceso interesa que sea lo más rápido posible para evitar la contaminación de bacterias en el mosto.

Con el mosto a la temperatura de interés, se le añaden las levaduras y empieza el proceso de fermentación. En este proceso se convierten los azúcares fermentables extraídos previamente de la malta en alcohol y CO<sub>2</sub>, aunque este último se pierde por el *airlock*. Así pues, el CO<sub>2</sub> se creará posteriormente mediante carbonatación natural (adición de azúcar o dextrosa en el momento de envasar la cerveza) o carbonatación forzada (inyección de gas carbónico en la cerveza en unas condiciones de presión y de temperatura determinadas).

Finalmente, con la cerveza ya envasada y etiquetada, se puede proceder con su distribución.

En los siguientes apartados se explicarán más detalladamente todas estas etapas, profundizando en la bioquímica del proceso y en los parámetros fisicoquímicos que son esenciales de controlar para obtener un producto final de calidad.

### 3.1. Fases previas a la elaboración de cerveza

#### 3.1.1. Malteado

El malteado es el primer paso en la elaboración de cerveza y es el proceso por el cual se obtiene la materia prima principal, la malta. Por lo general este proceso no tiene lugar en la cervecería, sino en industrias malteras.

En el apartado de *Materia prima* se ha introducido brevemente este proceso para entender las cualidades del grano, a continuación se ampliarán estos conceptos.

El malteado consiste en germinar de manera controlada los granos, provocando así las transformaciones que la planta conoce de forma natural durante su crecimiento y detener esta transformación rápidamente por medio de calor cuando se han alcanzado las características esperadas.



Figura 3.2. Granos de cebada germinados (Fuente: <http://quieroserunhomebrewer.blogspot.com.es> [24]).

Son varios los granos que pueden ser malteados (trigo, centeno, avena, etc) pero los de cebada son los más utilizados debido a que presentan mayor actividad enzimática que ningún otro tipo de grano, tienen un nivel de proteínas bajo, y aportan el color y olor tan característicos de la cerveza contribuyendo al carácter final de la cerveza.

Para el proceso de malteado, únicamente se seleccionan los granos de la más alta calidad. Esta selección depende, entre otras cosas, de un contenido de almidón alto, del tamaño uniforme del grano, el bajo contenido de nitrógeno y el alto poder diastático.



Después de la cosecha, la inspección y la evaluación, los granos se limpian y se secan hasta que alcanzan un nivel de humedad de aproximadamente el 14 %. Es entonces cuando se tienen que guardar durante unas seis semanas hasta que se recuperen del secado y vuelvan a un estado activo, listos para la germinación.

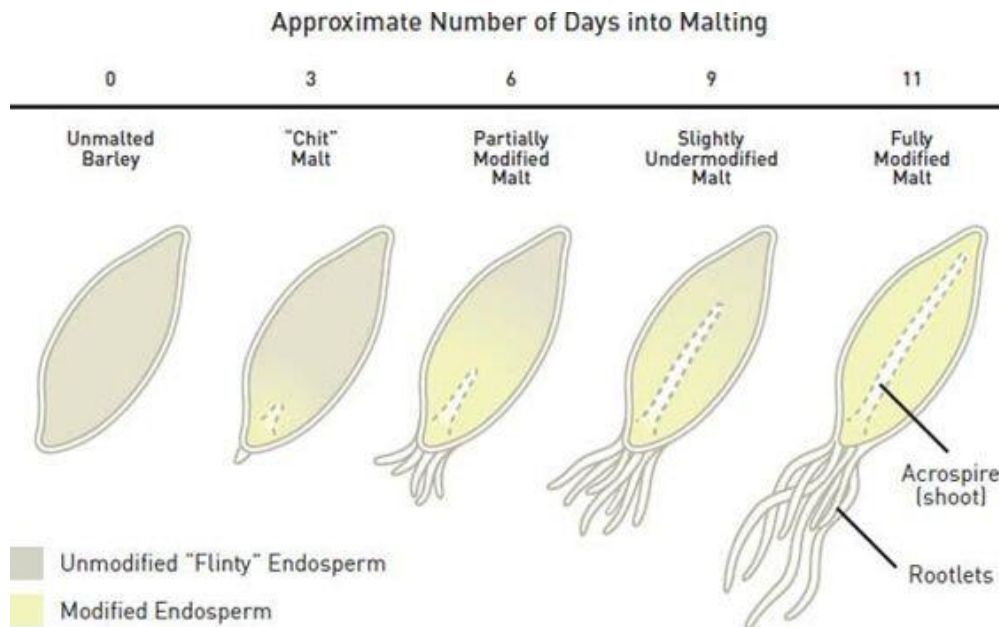


Figura 3.3. Evolución del grano a lo largo del proceso de malteado (Fuente: *Mastering Hombrew* [11]).

La transformación del grano en malta dura aproximadamente diez días y se desarrolla en cuatro etapas principales:

#### 3.1.1.1. Remojo

El propósito del remojo consiste en aumentar la humedad en el grano de aproximadamente un 14% a un 45%. El proceso consiste en sesiones sucesivas de inmersión en agua limpia y exposiciones de aire. Durante estos ciclos, el grano comienza a germinar cuando el nivel de humedad es de aproximadamente el 35%, pero el objetivo es alcanzar un 45% que es donde se encuentra el nivel de modificación deseado del almidón en el endospermo.

Durante la germinación del grano, este desprende calor y dióxido de carbono. En los ciclos de inmersión, el grano se sumerge en agua y el aire se sopla a través del grano húmedo para mantener el nivel de oxígeno disuelto en el agua lo suficientemente alto como para no sofocar a los embriones en desarrollo y se mantiene la temperatura a unos 15 °C. En los ciclos de aire, se elimina el dióxido de carbono emitido.

Cuando se completa el proceso de remojo, todo el grano debe estar uniformemente hidratado y mostrar signos de germinación. Esta etapa normalmente dura un período de 2 a 3 días.

### **3.1.1.2. Germinación**

El germen, activado durante el remojo, se desarrolla a lo largo de esta etapa, engendrando importantes modificaciones bioquímicas en el interior del grano.

Para llevar a cabo esta etapa, los granos se extienden con una temperatura, humedad y ventilación adecuada para que el grano continúe la germinación que se había iniciado en la etapa previa. También se remueve con regularidad para evitar que las raicillas de los granos se amontonen entre sí.

El proceso germinativo, por su parte, se aprovecha del ciclo de crecimiento natural de la planta, activando las enzimas presentes en el grano. Estas enzimas empiezan con la descomposición las proteínas en aminoácidos y las paredes de las células en almidón y beta-glucanos. Este proceso recibe el nombre de “modificación”.

Esta etapa puede durar de 4 a 6 días, obteniendo así la “malta verde”.

### **3.1.1.3. Secado y tostado**

Una vez que la modificación dentro del grano sea la suficiente se debe interrumpir el proceso aplicando calor, secando la malta verde para convertirla en malta estable capaz de ser almacenada en forma segura. De esta forma se evitará que las enzimas conviertan toda la reserva de almidón en azúcares y así podrán aprovecharlas más adelante en el proceso de macerado.

Durante el secado, además de disminuir el contenido de agua y de detener la modificación del grano se forman componentes de aroma, sabor y color. El método de secado utilizado también influirá en el tipo de malta buscada: la deshidratación prolongada y a bajas temperaturas conduce a una malta clara, con sabores más sutiles y gran contenido enzimático, en cambio, una deshidratación rápida y a temperaturas altas resultan maltas más oscuras, con sabores mucho más intensos y con poca actividad enzimática. El porcentaje de humedad se reduce entre un 2-3% para maltas más claras y 4-5% para el resto. A este proceso también se le conoce como horneado o tostado.

En este desarrollo de los colores y los sabores de los granos, hay involucradas dos reacciones químicas: la caramelización y la reacción de Maillard (nombre del científico que la descubrió). Ambos implican la transformación de carbohidratos, usando calor, en compuestos de color y aroma. Se diferencian por la presencia o la falta de nitrógeno. Por un lado, la caramelización hace referencia a la descomposición del azúcar a temperaturas elevadas, lo que da lugar a sabores dulces como el tofe, la molasa y la pasa. La reacción de Maillard, en cambio, se refiere a la oscuridad que se sucede debido a las interacciones de los amino-ácidos con los azúcares. De hecho, es la misma reacción que tiene lugar cuando se torra el pan. Cuando se da la reacción de Maillard, nos encontramos con unos sabores a pan, tostados y a galleta, asociados con el típico aroma de los bizcochos hechos al horno. Cada uno tiene su propia

personalidad, pero en ambos, el calor causa reacciones químicas que transforman los azúcares en dos conjuntos distintos de productos de reacción: melanoidinas y moléculas pequeñas conocidas como heterocíclicas.

Las maltas que han sido sometidas al horneado o al tostado se denominan maltas especiales.

#### 3.1.1.4. Desgerminación

La malta, una vez secada y tostada, se limpia, pasando por una máquina que extraerá todas las raicillas y el tallo que han emergido durante la germinación. Este subproducto es rico en proteínas, lo cual causaría problemas en la cerveza, por eso se comercializa como alimento animal.

Finalmente, la malta se almacena un tiempo determinado (variará en función de la malta en cuestión) hasta que madure, se desarrolle y suavice sus sabores antes de ser enviada al cliente, molturada y macerada.

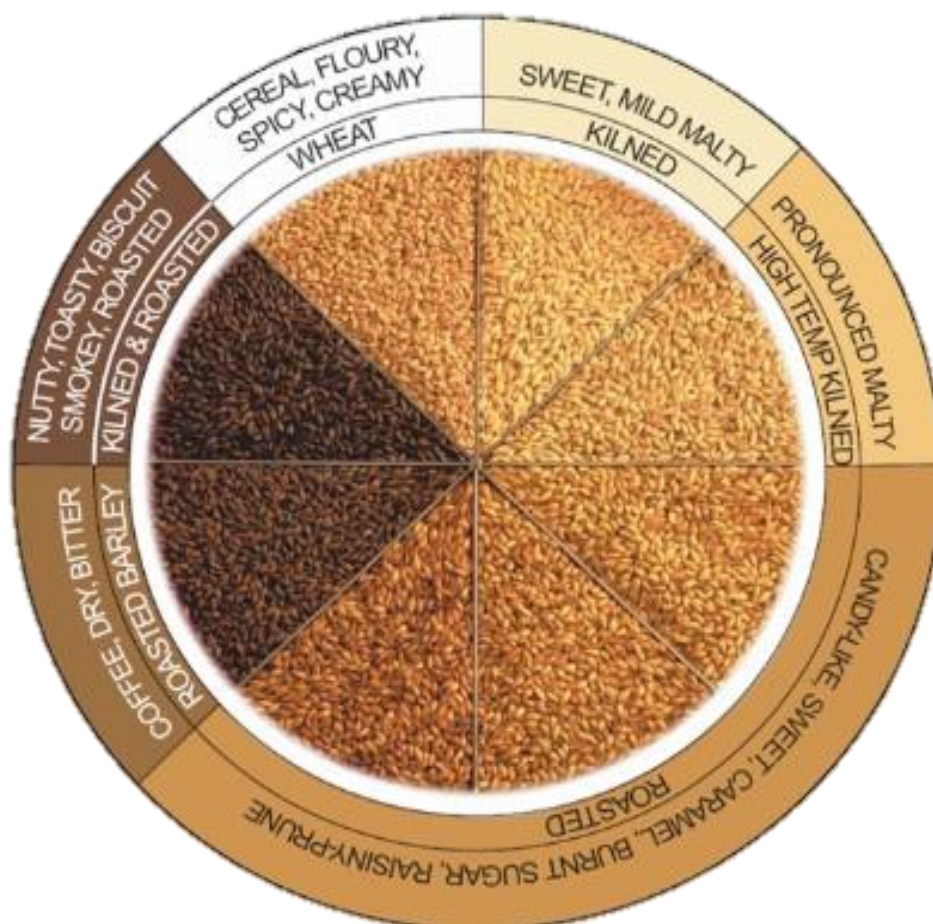


Figura 3.4. Aspecto del grano en diferentes etapas del malteado (Fuente: <http://home-brew.com> [25]).

### 3.1.2. Limpieza, desinfección y esterilización

No hace falta mencionar la importancia que tiene la limpieza y esterilización de equipo y material cuando se trabaja con productos destinados al consumo humano. Un equipo sucio es la principal causa de los lotes de cerveza fallidos. En pocas palabras, la elaboración de cerveza comienza con una limpieza en profundidad. Una limpieza adecuada no es un proceso de un solo paso, siempre incluye un limpiador alcalino y un enjuague final. Los equipos correctamente limpios y enjuagados durarán más, funcionarán correctamente y evitarán que los sabores no deseados contaminen los siguientes lotes de cerveza.

A menudo los términos de limpieza, desinfección y esterilización se usan indistintamente, pero es importante conocer la diferencia entre ellos:

- **Limpieza:** Eliminar los restos suciedad, manchas o materias extrañas de las superficies, reduciendo así los lugares que pueden albergar bacterias.
- **Desinfección:** Eliminar la mayoría de microorganismos existentes en la zona con la ayuda de productos químicos.
- **Esterilización:** Eliminar todas las formas de vida, especialmente microorganismos, principalmente por métodos físicos o químicos.

En cuanto a la elaboración de cerveza, bastará con limpiar y desinfectar las superficies que entren en contacto con el mosto. Al proveer buenas condiciones de crecimiento para las levaduras en la cerveza, también se generan buenas condiciones de crecimiento para otros microorganismos, así que bastará con evitar la infección de estos.

Actualmente existen desinfectantes especializados para la industria cervecera (Figura 3.5).



Figura 3.5. Enjuagues anicónico ácido para uso en sectores de alimentos y bebidas (Fuente: <https://brouwland.com> [26]).

El uso de estos desinfectantes especiales no afectará al sabor final de la cerveza (siempre que se utilicen de acuerdo con sus instrucciones de uso). Existen dos métodos de limpieza del equipo de elaboración de cerveza:

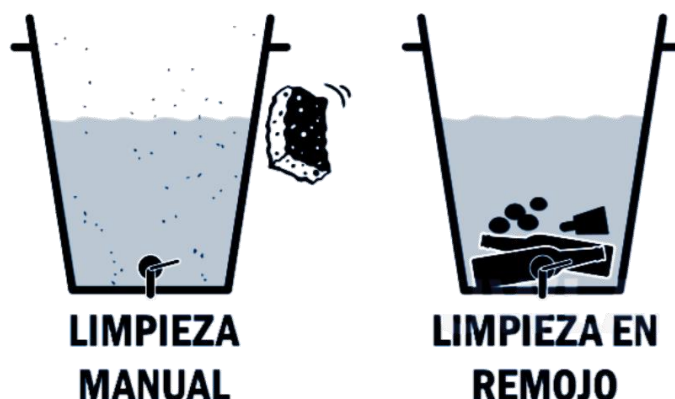


Figura 3.6. Diferentes tipos de limpieza para desinfectar equipos cerveceros (Fuente: <https://brouwland.com> [26]).

- **Limpieza manual:** Implica fregar las superficies abiertas y fácilmente accesibles del equipo
- **Limpieza en remojo:** Permite desinfectar superficies difíciles o cerradas, como por ejemplo botellas, mangueras, etc. El proceso requiere un poco más de tiempo ya que, para una buena desinfección, las superficies requieren un tiempo de contacto con el producto.

Este tipo de productos permite el uso del equipo inmediatamente después de retirar la solución

En cuanto al personal encargado de realizar un día de producción, será recomendable el uso de guantes, no solo para evitar contaminar el mosto, sino también debido a que los desinfectantes son disoluciones químicas ácidas y un contacto prolongado podría llegar a irritar la piel.

## 3.2. Paso a paso del proceso general

Con todo el equipo desinfectado y el grano malteado ya se puede empezar con el proceso de elaboración de cerveza.

### 3.2.1. Tratamiento del agua

Por lo general, el agua utilizada en las microcervecería suele ajustarse para obtener un perfil concreto según el estilo de cerveza que se quiera fabricar. Previamente se ha visto como el producto final de cerveza se veía afectado por las propiedades fisicoquímicas del agua y la concentración de iones. En la siguiente tabla se puede ver una concentración orientativa en ppm de los iones más importantes presentes en el agua para diferentes estilos de cerveza.

Tabla 3.1. Valores orientativos de iones en el agua en ppm para diferentes perfiles de agua según diferentes estilos de cerveza (Fuente: <https://www.bjcp.org> [27]).

Lugar	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>+</sup>
Light Lager	50-75	0-10	0-30	50-150	50-100	0-50
Pilsner	30-75	0-10	0-10	50-150	50-100	0-50
Bock	50-100	0-20	0-50	0-100	50-100	100-180
English Pale Ale	50-150	0-10	0-30	100-200	50-100	0-180
American Ale	50-100	0-20	0-30	100-300	50-100	50-150
Porter	50-75	10-30	0-50	50-150	50-150	100-200
Stout	50-75	10-30	20-150	50-150	50-150	100-200
IPA	50-150	0-10	0-50	100-300	50-100	50-150
Strong Ale	50-100	10-30	0-100	50-100	50-150	50-150

En algunos casos, las microcervecerías disponen de mecanismos purificadores del agua, como por ejemplo ósmosis inversa o filtros de carbón activo, para así ajustar los minerales desde “cero”. En otros casos se puede aprovechar el agua de la red o comprar agua embotellada haciendo pequeños ajustes en los iones si es necesario.

A la hora de querer ajustar el perfil del agua hay que tener en cuenta que es imposible ajustar un solo valor de ion, ya que en la naturaleza los minerales no se encuentran disociados en iones. La siguiente tabla recoge las concentraciones de iones que un gramo de diferentes sales añadiría a 1 litro y a 25 litros de mosto.

Tabla 3.2. Aporte de iones que hace 1 g de diferentes compuestos a 1 L y 25 de mosto (Fuente: Poesía Líquida. Un manual para cervesiáfilos [10])

Compuesto	ppm aportados a 1 L de mosto		ppm aportados a 25 L de mosto	
	ppm catión	ppm anión	ppm catión	ppm anión
Sulfato de calcio (CaSO <sub>4</sub> )	233 (Ca <sup>2+</sup> )	558 (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	9,5 (Ca <sup>2+</sup> )	22 (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )
Sulfato de magnesio (MgSO <sub>4</sub> )	99 (Mg <sup>2+</sup> )	390 (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	4 (Mg <sup>2+</sup> )	16 (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )
Carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	400 (Ca <sup>2+</sup> )	600 (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	16 (Ca <sup>2+</sup> )	24 (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )
Cloruro de sodio (NaCl)	393 (Na <sup>+</sup> )	607 (Cl <sup>-</sup> )	16 (Na <sup>+</sup> )	24 (Cl <sup>-</sup> )
Cloruro de sodio (CaCl <sub>2</sub> )	361 (Ca <sup>2+</sup> )	638 (Cl <sup>-</sup> )	14,5 (Ca <sup>2+</sup> )	25,5 (Cl <sup>-</sup> )

### 3.2.2. Molienda del grano

Existe la posibilidad de comprar el grano de malta ya molido o entero. Ambas tienen ventajas e inconvenientes y la elección del tipo de grano a comprar dependerá de la cantidad de grano usado y la frecuencia en hacer producciones. Por lo general las maltas trituradas son más caras que la entera y, además, se deterioran más rápidamente que los granos enteros.



Por estas razones, en todas las cervecerías industriales y microcervecería, las cuales suelen fabricar grandes lotes de cerveza y con asiduidad, suelen realizar la molienda del grano en sus instalaciones.

En ocasiones se tiende a subestimar esta parte del proceso, pero hay que tener en cuenta que el tipo de molido determinará muchos aspectos en el proceso de elaboración y, por supuesto, en el producto final. De la molienda dependerá la eficiencia en la extracción de los azúcares durante la maceración y el filtrado del mosto durante el recirculado y lavado del grano.

El mero propósito de moler las maltas es romper las cáscaras del grano y separarlo de su endospermo para que este pueda estar expuesto durante proceso enzimático al que se somete durante el macerado. Así pues, se buscará destruir el grano para exponer el endospermo, dejando la cáscara lo más intacta posible. La cáscara de la malta juega un papel importante en el proceso de filtrado del mosto y lavado del grano, actuando como filtro natural permitiendo separar el mosto de los granos con gran facilidad. Este proceso se suele hacer justo antes de la maceración para evitar la oxidación del grano. Una mala molienda puede provocar mostos turbios y sabores astringentes en la cerveza final.

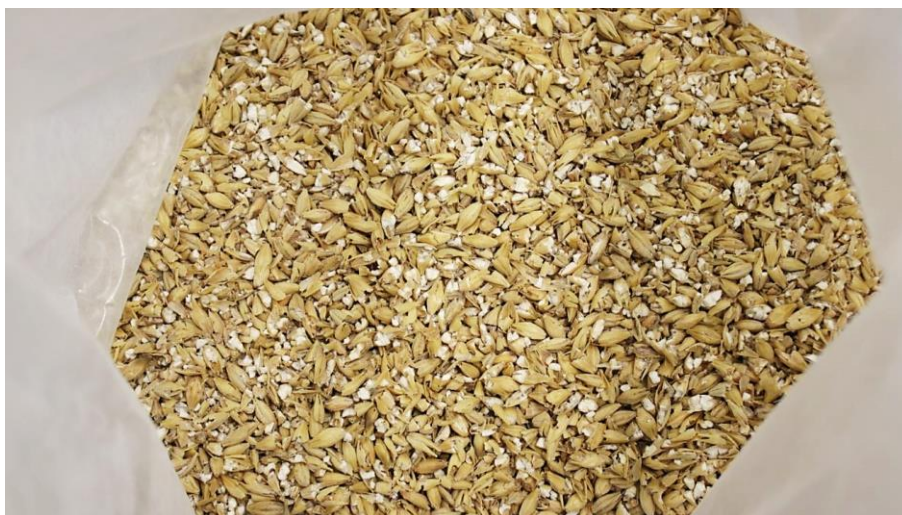


Figura 3.7. Aspecto de la malta molida (Fuente: propia).

Una proporción aproximada del grano para considerar que se ha realizado una buena molienda es la siguiente:

Tabla 3.3. Proporción recomendable para los granos de malta molidos (Fuente: <http://revistamash.com> [13])

Ítem	Proporción (%)
Cáscara	30
Grano grueso	10 – 20
Grano fino	20 – 30
Harina	20 – 30

Si se realizan producciones de cervezas con granos que no presentan cáscara, como por ejemplo el trigo, se recomienda añadir, por ejemplo, cáscaras de arroz, para ayudar al proceso sin afectar al sabor final.

### 3.2.2.1. Técnicas de molido

Existen diferentes técnicas de molienda tanto en húmedo como en seco. Según el tipo de molienda que se desee hacer y el resultado final que se busque influirá el molino utilizado. Factores como la potencia del molino, el número de rodillos, el diámetro de estos y la distancia entre ellos tendrán consecuencias en el resultado final. Se ha demostrado que la molienda en seco mejora la tasa de extracción de azúcares fermentables. Por otro lado, la molienda en húmedo consiste en rociar los granos con agua caliente o vapor de agua intentando alcanzar un nivel de 20-30% de humedad, manteniendo seco el interior. Esto hará que la cáscara se hidrate y se vuelva más flexible. Este tipo de técnicas reduce la cantidad de compuestos fenólicos durante el macerado, mejorando la estabilidad coloidal de la cerveza producida.



Figura 3.8. Molino de malta de dos rodillos y de tres quilos de capacidad (Fuente: <https://themaltmiller.co.uk> [28]).

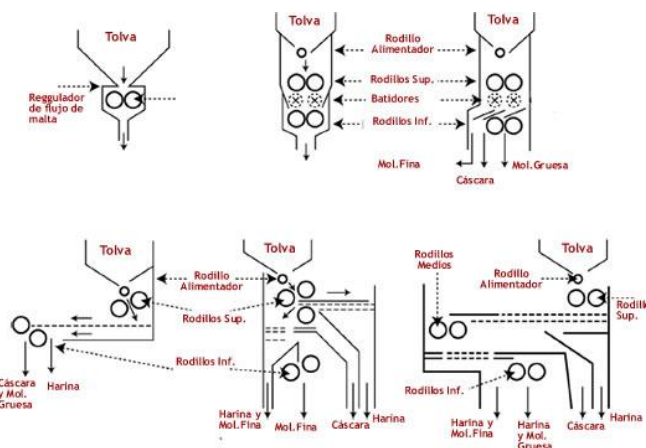


Figura 3.9. Posibles combinaciones en molinos de más de dos rodillos (Fuente: <http://revistamash.com> [13]).

Algunas cervecerías disponen de sistemas de filtrado del mosto y, por lo tanto, no necesitan mantener la cáscara durante el proceso de molienda.

### 3.2.3. Maceración

La maceración es el proceso en el que se mezcla el agua caliente con la malta previamente molida para obtener una solución dulce llamada “mosto”. La finalidad del proceso es gelatinizar almidones, extraer enzimas naturales de la malta y convertir los almidones en azúcares fermentables. Se considera que la maceración es uno de las etapas más importantes durante el proceso de elaboración de cerveza, ya que, en ella es donde se empieza a formar el producto final. Esta etapa presenta una gran complejidad



y variabilidad, ya que entran en juego muchos factores que van a influir en el resultado final: desde la composición del agua, la de la malta, la temperatura de infusión, la ratio agua-malta y el tiempo en el que el agua y el grano están macerando.

Para comenzar a entender la maceración, es necesario entender las enzimas presentes en el grano.

### 3.2.3.1. Enzimas

Las enzimas son proteínas especializadas que ayudan a catalizar reacciones químicas. Debido a sus configuraciones químicas, eléctricas y físicas, son capaces de reducir la energía necesaria para provocar una reacción química, como la ruptura de un enlace molecular. Sin una ayuda enzimática, la energía requerida sería mucho mayor. Cada enzima asiste en una reacción química en concreto. La manera de nombrarlas, por lo general, es utilizando el nombre de la reacción específica que catalizan, añadiéndole el sufijo "-asa". Las condiciones de activación de las enzimas dependerán de factores tales como la temperatura y el pH y cada una de ellas tendrá un rango óptimo de trabajo.

En el macerado, el objetivo principal es que las enzimas se encarguen de romper los enlaces de las moléculas de almidón presentes en los granos y los conviertan en azúcares fermentables, para así que puedan ser consumidos por las levaduras en la fermentación. Este proceso se conoce como sacarificación.

La malta de cebada contiene aproximadamente un 60% de almidón el cual se compone de amilosa y amilopectina (Figura 3.10). El 75-80% del almidón es amilopectina, un complejo polisacárido altamente ramificado que puede contener más de 100.000 monómeros de glucosa, con 20-25 cadenas de unidades de glucosa entre los puntos de ramificaciones. El 20-25% restante del almidón es amilosa, que son cadenas lineales de 1.000 o más monómeros de glucosa en secuencia.

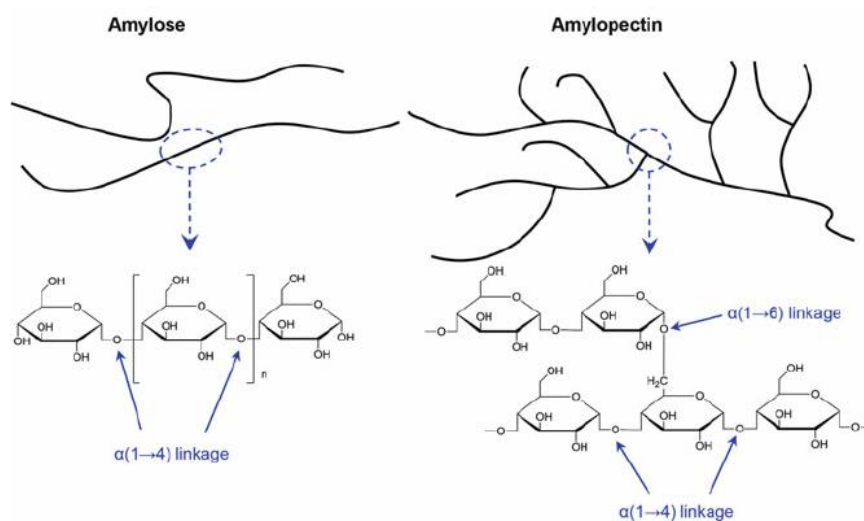


Figura 3.10. Estructura química de la amilosa y amilopectina (Fuente: <http://researchgate.net> [20]).

En un principio, los granos tienen las reservas de almidón bien protegidas, lo que no permite a las enzimas trabajar en la conversión de azúcares. Así pues, se tiene que facilitar la su extracción. Con la molienda del grano queda expuesto el interior del grano y esto se facilita. A nivel molecular, cuando el grano entra en contacto con el agua a cierta temperatura, este se hincha y se acaba degradando por completo, combinándose con el agua. Este punto, se conoce como temperatura de gelatinización y cada fuente de almidón lo hace a una temperatura distinta. En la siguiente tabla se recogen las temperaturas de gelatinización de los granos más comunes en la elaboración de cerveza.

Tabla 3.4. Temperatura de gelatinización para diferentes granos (Fuente: <http://cervezadeargentina.com.ar> [21]).

Grano	Temperatura de gelatinización (°C)
Cebada	60 – 65
Trigo	58 – 64
Centeno	57 – 70
Avena	53 – 59
Arroz	68 – 78

Una vez gelatinizados los granos, las enzimas encargadas en convertir el almidón en azúcar ya pueden empezar a trabajar. Las encargadas de esto son las enzimas amilolíticas, más concretamente la alfa-amilasas y beta-amilasas, aunque existen más proteínas con diversas funciones y diferentes rangos de activación. En la Tabla 3.5 se puede ver resumida esta información para alguna de las enzimas más significativas.

Tabla 3.5. Enzimas presentes en el macerado junto a sus rangos óptimos de temperatura y pH, y su función (Fuente: Poesía líquida. Un manual para cervesiófilos [10]).

Enzima	Rango de temperatura óptimo (°C)	Temp. práctica (°C)	Rango de pH óptimo	Función
Fitasa	30 – 54	35	5,0 – 5,5	Acidificar el mosto.
$\beta$ -Glucanasa	35 – 60	37	5,0 – 5,5	Solubilizar los almidones.
Peptidasa	35 – 54	45	4,6 – 5,2	Producir FAN <sup>5</sup> , nutriente esencial para la levadura.
Proteasa	45 – 54	50	4,6 – 5,2	Degradar proteínas de alto peso molecular y reducir turbidez.
Dextrinasa limite	60 – 67	65	4,8 – 5,4	Degrada los límites de las cadenas de dextrinas.
$\beta$ -amilasa	55 – 62	62 – 68	5,0 – 5,5	Producir maltosas y glucosas.
$\alpha$ -amilasa	67 – 72	67 – 70	5,2 – 5,7	Atacar al almidón “al azar” produciendo cadenas largas de azúcares.

<sup>5</sup> “Free Amino Nitrogen” o Amino Nitrógeno Libre

En el siguiente gráfico se pueden ver esquematizados los rangos óptimos de trabajo para las diferentes enzimas mencionadas en la tabla anterior.

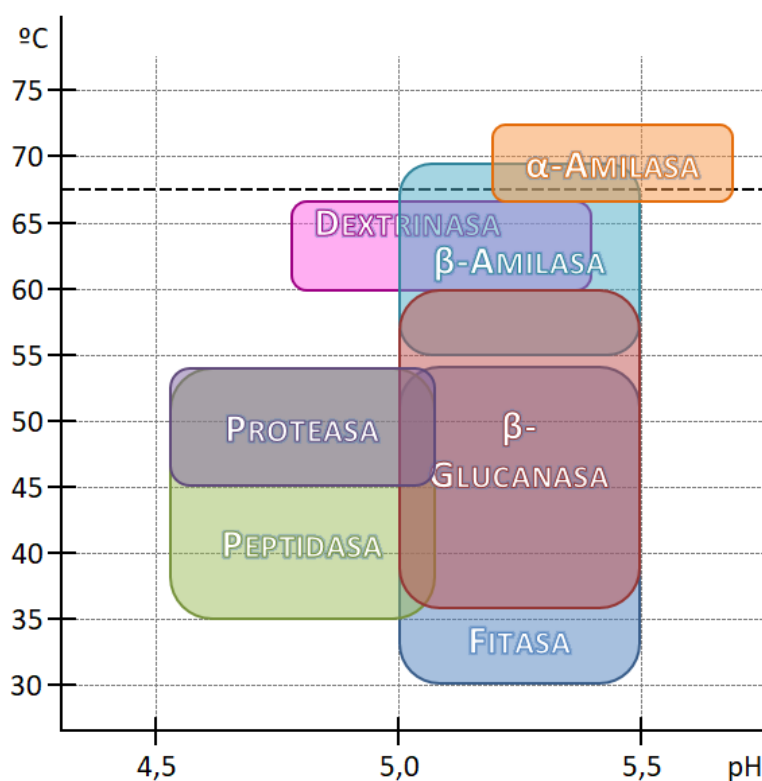


Figura 3.11. Gráfico con los rangos óptimos de trabajo de diferentes enzimas (Fuente: propia).

Así pues, las enzimas que cumplen con el propósito principal de la maceración son, fundamentalmente, las  $\alpha$ -amilasa,  $\beta$ -amilasa y dextrinasa límite. Por lo general, interesará mantener una temperatura de maceración de aproximadamente 68 °C ya que en ese punto existe actividad de ambas enzimas amilasa. Esta temperatura puede verse condicionada en función del resultado final que se desee en la cerveza, ya que cada una aporta características diferentes. La temperatura de infusión subirá cuando nos interese más la actividad de la  $\alpha$ -amilasa que de la  $\beta$ -amilasa y bajará en el caso contrario. A continuación, se explica más detalladamente como actúan y los efectos que tienen sobre la cerveza final.

#### 3.2.3.1.1 $\alpha$ - AMILASA

La  $\alpha$ -amilasas ataca los polímeros de glucosa al azar, en cualquier punto (evitando los extremos no reductores y los puntos de ramificación) formando, generalmente, dextrinas. Estas podrán ser atacadas posteriormente por la  $\beta$ -amilasas.

Las dextrinas son muy poco fermentables, por lo que una alta actividad de la  $\alpha$ -amilasa aportará a la cerveza final más cuerpo.

3.2.3.1.2  $\beta$  – AMILASA

La  $\beta$ -amilasa ataca las cadenas de monosacáridos de los extremos no reductores y los corta de dos en dos para formar maltosas, hasta acercarse a un punto de ramificación en la cadena de amilopectina, donde se detendrá ya que no los puede degradar. Infiere directamente en la fermentación, ya que de aquí saldrán el 80% de azúcares fermentables para la levadura. Esta enzima dependerá también de la  $\alpha$ -amilasa y dextrinasa límite para tener nuevos puntos de acceso en los que seguir trabajando.

Al producir moléculas altamente fermentables, una actividad elevada de la  $\beta$ -amilasa producirá un producto final con un nivel de etanol elevado.

## 3.2.3.1.3 DEXTRINASA LÍMITE

Es una enzima desramificadora, conocida por su capacidad de romper los enlaces 1-6 (ramificaciones) presentes en la amilopectina y permitiendo nuevos puntos de unión para las amilasas.

La Figura 3.12 muestra cómo las enzimas amilolíticas degradan el almidón.

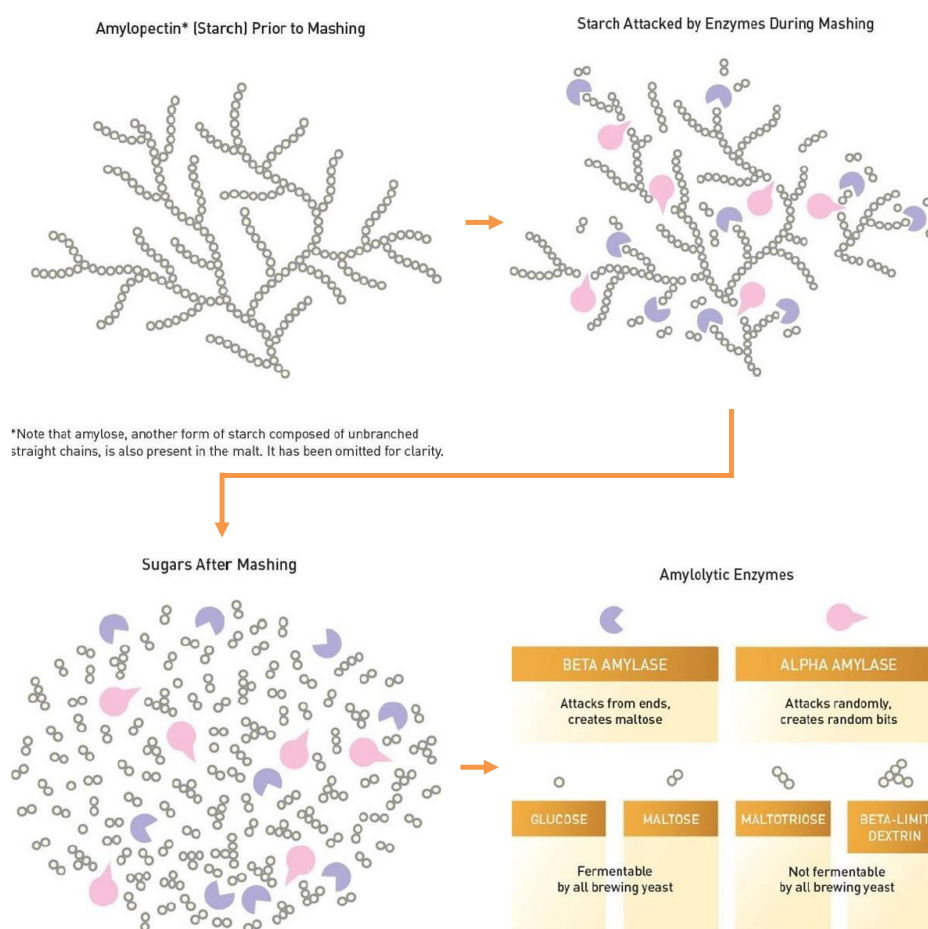


Figura 3.12. Degradación del almidón por enzimas amilolíticas (Fuente: Mastering homebrew [11]).

Existen estudios que analizan la actividad enzimática en mosto para diferentes ratios agua – malta, tiempo y temperatura. A continuación se comparten algunos de los resultados de un estudio realizado por el *Institute of Brewing and Distilling* [29] analizando las variables mencionadas.

El estudio muestra primero el análisis de la actividad enzimática de la  $\alpha$ -amilasa y  $\beta$ -amilasa, graficando la actividad que presentan ambas enzimas en un periodo de 60 minutos de macerado (Figura 3.13). Las condiciones de estudio son las siguientes: 1,5 kg de malta macerados con 3,75 litros de agua (ratio 2,5:1) a 65 °C durante 60 minutos.

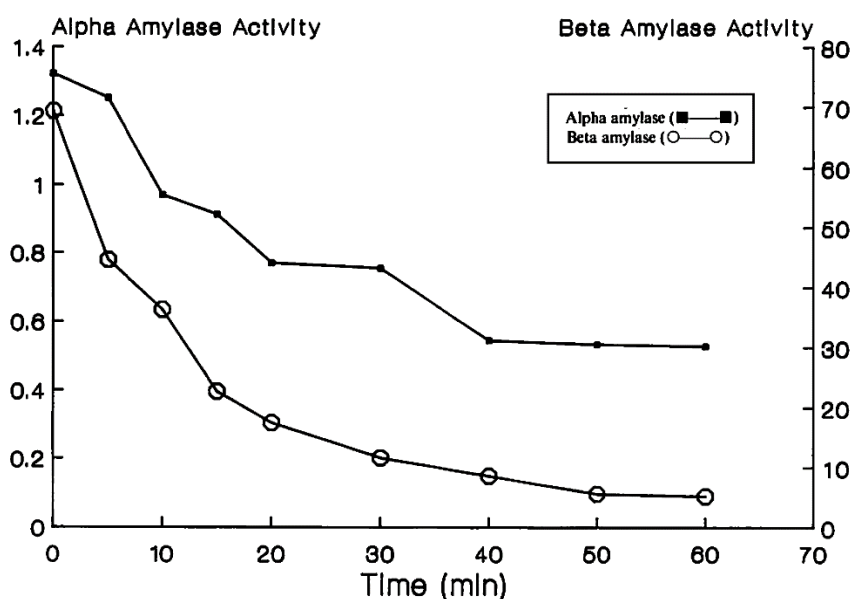


Figura 3.13. Inactivación de las enzimas amilasas bajo las condiciones especificadas. La actividad de la  $\alpha$ -amilasa se presenta como gramos de dextrina límite hidrolizada por minuto y por gramo de malta; la actividad de la  $\beta$ -amilasa se presenta como gramos de maltosa producida por minuto y por gramo de malta. (Fuente: [29])

A partir de los datos obtenidos se deduce que la  $\alpha$ -amilasa es considerablemente más estable que la  $\beta$ -amilasa a 65 °C. La actividad total de la  $\alpha$ -amilasa fue de 87,9 g de almidón digerido por gramo de malta, mientras que la  $\beta$ -amilasa produjo 3,5 g de maltosa por gramo de malta.

El estudio compara también la actividad de las enzimas amilasas a diferentes temperaturas de maceración (de 75 °C a 90 °C) durante los primeros 30 minutos de proceso y bajo la misma ratio malta–agua que el análisis anterior (Figura 3.14). Se puede deducir de estos gráficos que a medida que aumenta la temperatura de maceración, la desintegración de las enzimas es considerable, aunque la  $\alpha$ -amilasa presenta más resistencia a temperaturas altas que la  $\beta$ -amilasa.

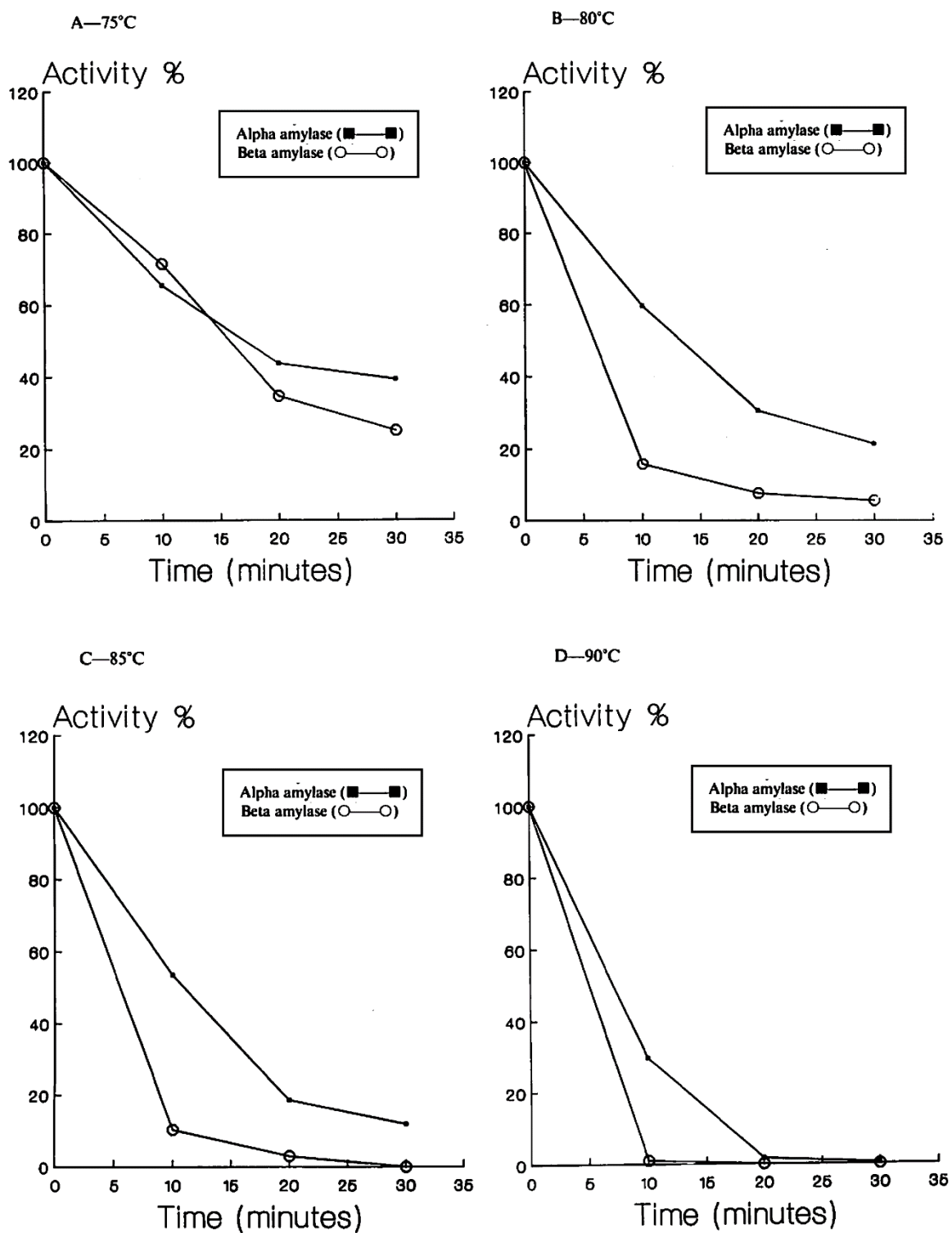


Figura 3.14. Estabilidad enzimática macerados a diferentes temperaturas (75 °C, 80 °C, 85 °C y 90 °C para los gráficos A, B, C y D respectivamente) (Fuente: [29]).

El estudio hace referencia también a la variación de las propiedades del mosto sobre diferentes temperaturas de maceración y diferentes cantidades de agua para 50 g de malta, variando así las ratios agua – malta, yendo desde una ratio 2:1 a una ratio 7:1.

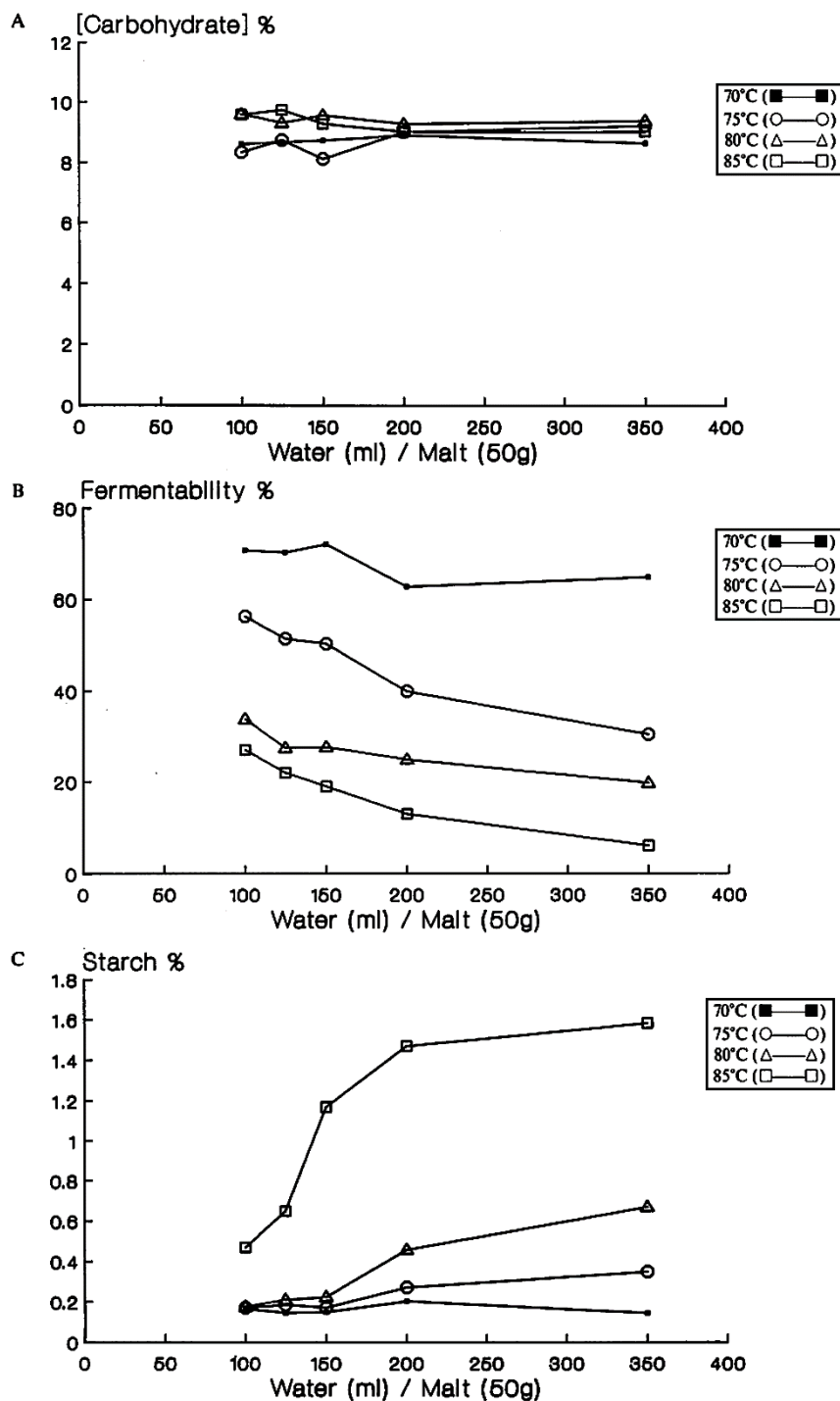


Figura 3.15. Efecto de la temperatura de maceración y ratio agua – malta sobre diferentes propiedades del mosto (% de carbohidratos, % de fermentabilidad y % de almidón en los gráficos A, B y C respectivamente) (Fuente: [29]).

Analizando estos gráficos se deduce que el rango de temperatura solo tiene un ligero efecto sobre los niveles de carbohidratos totales (Figura 3.15, gráfico A). La fermentabilidad, en cambio, se ve reducida significativamente al aumentar la cantidad de agua en el macerado (para la misma proporción de malta) y, sobretudo, al aumentar la temperatura de maceración (Figura 3.15, gráfico B). Finalmente, los resultados fermentabilidad se ven reflejados en los niveles de almidón, donde cada aumento de 5 °C de temperatura aumenta los niveles de almidón, habiendo una diferencia significativa entre 80 °C y 85 °C. Para las temperaturas de 70 °C, 75 °C y 80 °C no se aprecia diferencia de los niveles de almidón para mostos con ratios de 2:1 a 3:1 (Figura 3.15, gráfico C).

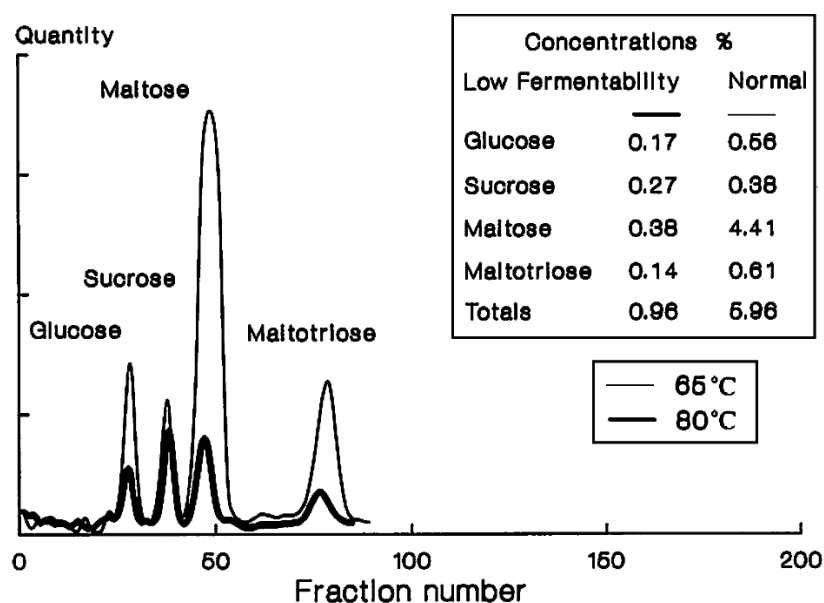


Figura 3.16. Análisis de los azúcares fermentables de los dos mostos sometidos a las mismas condiciones a excepción de la temperatura de maceración (Fuente: [29]).

El estudio compara también la cantidad de azúcares fermentables presentes en dos mostos sometidos a las mismas condiciones tanto de la proporción de agua – malta como del proceso de elaboración (ambos mostos presentaban una gravedad específica de 1.040), solo variando la temperatura de maceración (uno a 65 °C y otro a 85 °C) (Figura 3.16). La cantidad de azúcares fermentables en el mostro producido a 85 °C era considerablemente menor que en mostro producido a 65 °C. La cantidad de glucosa y de maltotriosa era de un 30% y 23% menor respectivamente entre el mosto a 65 °C y el de 80 °C. Estas dos moléculas son un indicativo de la actividad de la  $\alpha$ -amilasa. Por otro lado, la maltosa presente en el mosto macerado a 85 °C contenía solo un 8,6% del mosto macerado a 65 °C. Esta molécula es un indicador de la actividad de la  $\beta$ -amilasa,



Finalmente, se estudia el comportamiento de las levaduras durante 72 horas usando una levadura estándar para los dos mostos analizados previamente y, además, se añade una tercera muestra del mosto macerado a 80 °C añadiéndole amiloglucosidasa<sup>6</sup> (Figura 3.17)

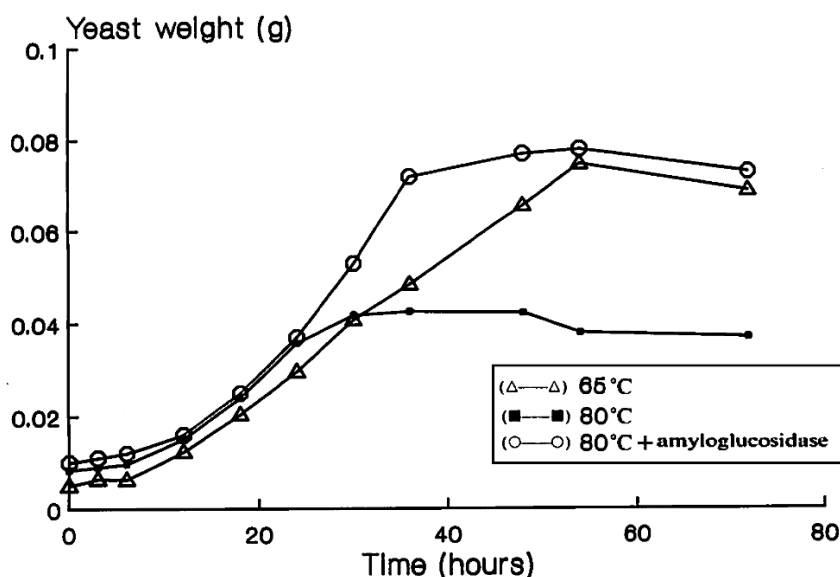


Figura 3.17. Análisis del crecimiento de las levaduras para 3 condiciones distintas de mosto (Fuente: [29]).

En el gráfico se puede apreciar que las tres muestras comienzan de manera similar, sin embargo, a partir de las 24 horas se empiezan a apreciar diferencias. Entre los dos mostos que no tienen ninguna adición de enzimas, y en concordancia con los resultados mostrados previamente en la Figura 3.16, el crecimiento de las levaduras es significativamente menor para el mosto que ha macerado a 80 °C que el que lo ha hecho a 65 °C. Previamente se había visto cómo el nivel de azúcares fermentables en el de 65 °C era significativamente mayor que en el de 80 °C. En cambio, cuando al mosto macerado a 80 °C se le adiciona la enzima amiloglucosidasa, esta incrementa el crecimiento de las levaduras incluso más que el mosto que presentaba más azúcares fermentables a 65 °C. Con esto se demuestra que gran parte del extracto obtenido durante el macerado a 80 °C no era fermentable, ya que este le ha servido de alimento a la amiloglucosidasa y ha sido capaz de generar glucosas.

<sup>6</sup> Enzima encargada de catalizar la liberación de sucesivas unidades de glucosa a partir del final de las cadenas de almidón licuado. Puede hidrolizar tanto las ramificaciones alfa-D-1,6, como los enlaces poliméricos alfa-D-1,4 del almidón, produciendo finalmente glucosa.

### 3.2.3.2. Factores variables en la maceración

Como se ha mencionado anteriormente, existen cuatro factores variables que el cervecero podrá ajustar para conseguir diferentes resultados:

- Tiempo
- Temperatura
- pH
- Ratio agua – malta

El objetivo será encontrar el compromiso entre estas cuatro variables hasta encontrar el producto final deseado. Por lo general, el tiempo de macerado no suele sobrepasar los 60 minutos y así asegurar la conversión completa del almidón. En exceso de tiempo de macerado podrá provocar sabores que no siempre serán los deseados.

En cuanto a la temperatura, ya se ha visto el efecto que tiene sobre las enzimas y los azúcares fermentables en el mosto. El siguiente gráfico resume esta información mostrando el porcentaje de actividad de las  $\alpha$ -amilasas y  $\beta$ -amilasas en función de la temperatura y cómo afecta esto a los niveles de fermentabilidad y dextrinas del mosto.

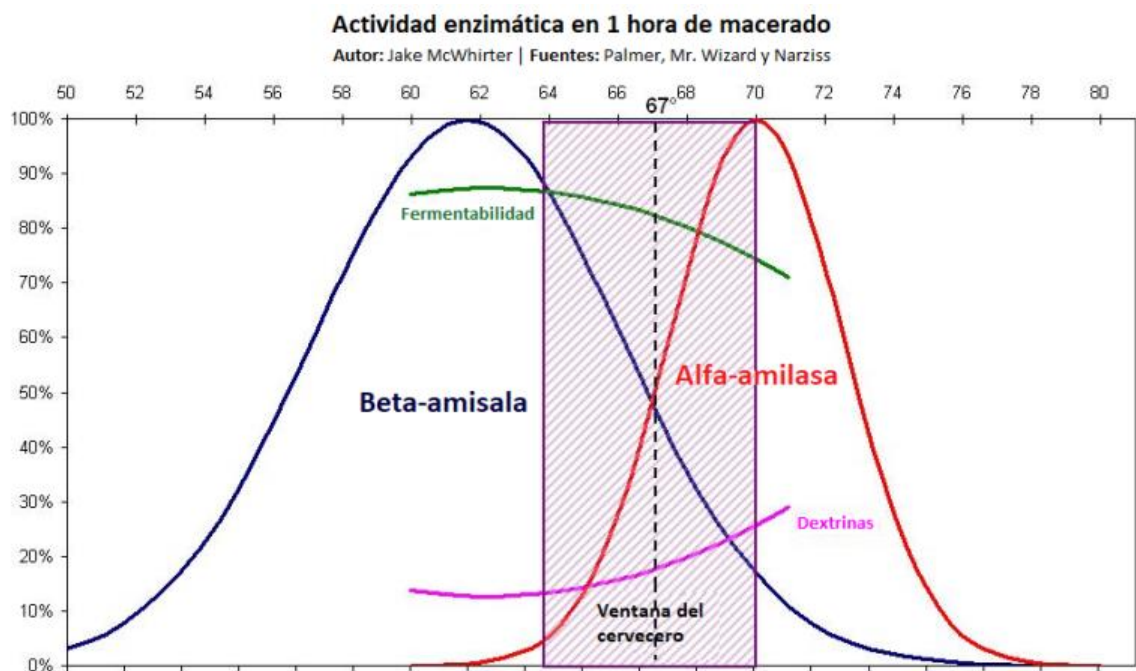


Figura 3.18. Actividad enzimática en una hora de macerado (Fuente: <https://missionarybrewer.wordpress.com> [30]).

Jugando con estas dos variables (temperatura y tiempo) se pueden encontrar diferentes mecanismos de maceración, desde una infusión simple hasta escalonados de temperatura.

La infusión simple consiste principalmente en fijar una temperatura de maceración (por lo general se encontrará dentro de la “ventana del cervecero” que muestra la Figura 3.18) e intentar degradar la mayor proporción de almidón.

En objetivo de los escalonados de temperatura es realizar “descansos” a diferentes temperaturas con el fin de extraer unas enzimas en concreto. En la Tabla 3.5 (página 71) se resumían las diferentes enzimas presentes en la malta y sus respectivas funciones. Así pues, se trataría de recorrer diferentes rangos de temperatura por diferentes tiempos, con el fin de inducir a distintos procesos enzimáticos.

Se ha visto que con el pH ocurre algo similar a las temperaturas: cada enzima tiene su rango óptimo de actividad. Habitualmente se suele recomendar un rango de pH para el macerado de entre 5,3 y 5,6. Un pH por encima de 6,0 durante la maceración puede provocar astringencia en el mosto. Para corregir esto se suele recurrir a la adición de algún ácido o estabilizadores de pH específicos para elaboración de cerveza.

La última variable a tener en cuenta es la ratio entre la cantidad de quilos de malta y litros de agua, mezcla que se conoce como “empaste”. En general los empastes más espesos son más fermentables, mejorando la actividad de las enzimas, sin embargo, tiene una vida más corta. En algunos libros se recomienda la cantidad de 2,5 a 3,2 litros de agua por cada quilo de malta.

### 3.2.3.3. Fases de la maceración

Una vez introducidos todos los conceptos teóricos y químicos de la maceración, se procede a explicar en qué consiste exactamente el proceso de maceración y los pasos a seguir. En general, es importante tener el control total de la temperatura durante el proceso de maceración e intentar que el recipiente donde se extraerán los azúcares fermentables sea lo más adiabático posible. El proceso de maceración se puede dividir dos etapas: maceración y *lautering*. El *lautering* presenta varios pasos y en algunos casos, los cerveceros pueden llegar a omitir algunos de los últimos pasos mencionados. A continuación, se explica detalladamente en qué consiste cada parte:

#### 3.2.3.3.1 MACERADO

Los conceptos principales de la maceración se han ido introduciendo a lo largo del desarrollo de los apartados anteriores.

El primer paso del macerado recibe el nombre de “remojo” y consiste en mezclar la malta molida (y adjuntos si se desea) con el agua caliente, ajustando la mezcla a la temperatura deseada. Se debe intentar que el grano se moje de manera uniforme y sin agitación (sobre todo si no se dispone de sistema de filtrado), esto ayudará a que el mosto resultante sea menos turbio. En el momento que el

almidón se empieza a degradar se procede a la “gelatinización” y una vez las enzimas empiecen su labor de degradar las cadenas larga de azúcares en otras más pequeñas que se le conoce como “licuefacción”. Finalmente, sucede lo que se conoce como “sacarificación” que es el proceso en el cual una enzima rompe una cadena compleja de azúcares en otra más pequeña de monosacáridos o disacáridos, las cuales serán altamente fermentables.



Figura 3.19. Adición del agua a la malta durante el proceso de maceración (Fuente: propia).

#### 3.2.3.3.2 LAUTERING

Se conoce como lautering al proceso de separar el mosto. Por lo general consta de 3 pasos que se explican a continuación, aunque pueden ser opcionales:

- **Mashout**

Antes de separar el grano del mosto algunos cerveceros realizan el *mashout*. La finalidad de este proceso es elevar la temperatura del mosto hasta los 75-77 °C para detener la conversión enzimática del almidón en azúcar y, a la vez, conseguir un mosto más fluido. Para hacerlo se pueden utilizar dos métodos: o bien se le aplica calor hasta alcanzar la temperatura indicada, o bien se adiciona agua más caliente para que la mezcla resultante tenga dicha temperatura.

- **Recirculado**

Es normal que los primeros litros que se extraen del macerador para continuar con el proceso de elaboración de cerveza presenten turbidez en forma de proteínas y restos de grano. Para evitar que esto llegue a la olla de hervido, se recirculará el mosto turbio hacia el interior del recipiente macerador hasta que salga limpio. De la misma manera que cuando se adicionaba el agua con el grano al principio

de la maceración se tenía que evitar la agitación del grano, en este punto del proceso hay que tomar las mismas consideraciones ya que, sino, será contraproducente y no cumplirá con su finalidad de obtener un mosto claro.

#### - **Lavado**

El lavado o *sparging* consiste principalmente en lavar los granos con la finalidad de extraer la mayor cantidad posible de azúcares del grano, evitando la extracción de taninos de la cáscara. Normalmente se utiliza 1,5 veces más agua de lavado que para el macerado, es decir que, si en el macerado se han empleado 10 L, se utilizarán 15 para el *sparging*. Para evitar la extracción de taninos se deberá evitar sobrepasar la temperatura de 77 °C. El tiempo de lavado oscilará entre media hora y dos horas y media, esto dependerá de la cantidad de grano con el que se esté trabajando. El método consiste en “rociar” el agua sobre el mosto evitando agitar los granos. Existen varios métodos de lavado: el lavado por lotes y el lavado continuo.

El primer tipo consiste en adicionar todo el volumen del agua de lavado, asentar la capa de granos y finalmente drenar el mosto. Este proceso se puede repetir para varios lotes de agua. El lavado continuo consiste en agregar el agua de lavado de forma continua siempre dejando el nivel del agua en el recipiente de maceración por encima del grano, es decir, que en todo momento el grano este en contacto con el agua. Se añadirá, por lo tanto, la cantidad necesaria para mantener el nivel de agua mencionado. El objetivo es remplazar el mosto gradualmente con el agua que se va adicionando, y se detendrá el proceso o bien cuando se haya alcanzado una densidad de 1.008, o bien cuando se haya recolectado la cantidad suficiente de mosto.



Figura 3.20. Sistema de lavado (Fuente: <https://eckraus.com> [31]).

A menudo se busca controlar el proceso de recirculado y lavado, para ello se han desarrollado diversas técnicas que, principalmente, consisten en mover el mosto a través de una fuente de calor permitiendo controlar la temperatura de este. Las técnicas en cuestión se conocen como HERMS y RIMS (Figura 3.21). Ambos sistemas presentan una configuración para recircular y otra para lavar.

- **HERMS** (Heat-Exchange Recirculating Mash System)

El sistema consiste en recircular constantemente el mosto mediante una bomba a través de un serpentín sumergido en el tanque de agua caliente. Con la temperatura del agua del tanque y el caudal que se le dé al mosto se podrá ajustar la temperatura de este.

En el modo de lavado, en vez de bombear mosto, se trabaja con el agua caliente, introduciéndola encima de la capa de grano del macerador mientras el mosto se va drenando. Sería un método para controlar el lavado por lotes explicado anteriormente.

- **RIMS** (Recirculating Infusion Mash Systems)

El método RIMS es similar al HERMS, simplemente se cambia el sistema de intercambiador de calor (concretamente, el tanque de agua caliente) por una unidad de calefacción

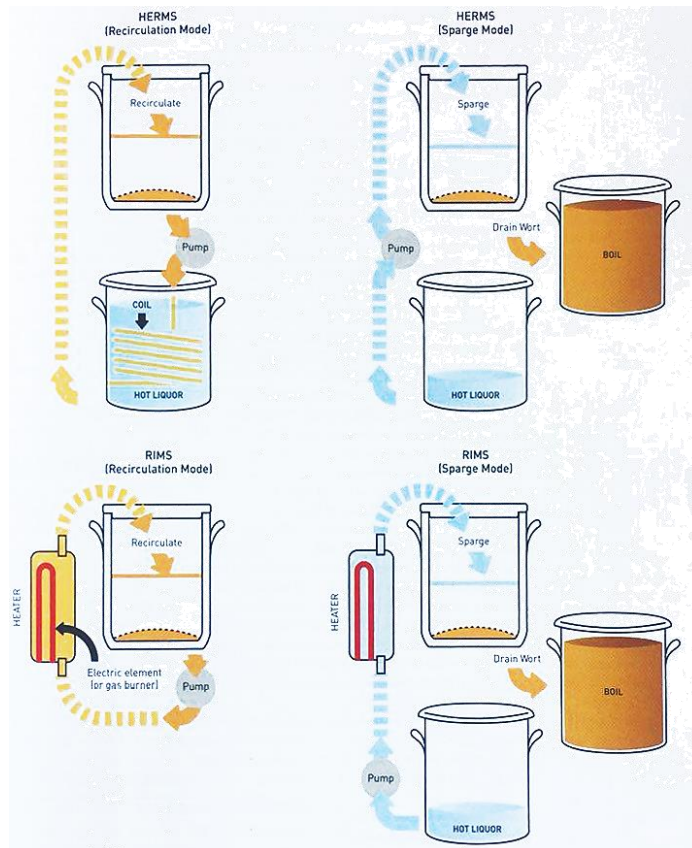


Figura 3.21. Sistemas HERMS y RIMS tanto para el proceso de recirculado como de lavado (Fuente: *Mastering homebrew* [11]).



Finalmente, y después de todas estas etapas, el mosto está listo para pasar a la siguiente etapa: la cocción. Como se ha mencionado anteriormente, si se ha sido cuidadoso con no agitar el grano durante el proceso de maceración, la cáscara de la malta se encargará de hacer de filtro natural del mosto. De todas formas, existen herramientas que pueden hacer más sencillo este proceso. Las siguientes imágenes muestran alguna de ellas. Ambas herramientas mejoraran la turbidez del mosto.

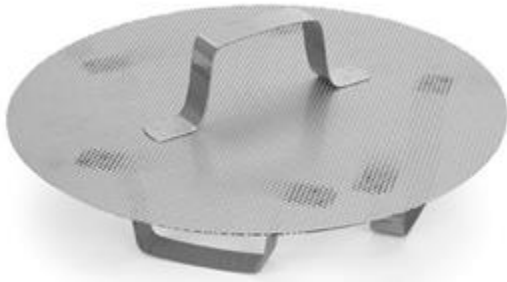


Figura 3.22. Falso fondo de acero inoxidable (Fuente: <http://brouwland.com> [26]).



Figura 3.23. Bolsa de maceración 100% poliéster (Fuente: <http://brouwland.com> [26]).

### 3.2.4. Cocción

Durante el proceso de maceración se obtiene una solución dulce conocida como “mosto”. Para equilibrar este dulzor se adiciona Lúpulo a la mezcla, el cual se encarga de aportar el aroma y amargor característicos de la cerveza. Anteriormente se ha detallado las propiedades del lúpulo y su composición, ahora se analizará que sucede en esta etapa y que aportará el lúpulo al mosto.

El proceso de cocción dura aproximadamente una hora, durante la cual se producen una serie de cambios importantes:

- Pasteurización del mosto.
- Cese de cualquier actividad enzimática remanente.
- Isomerización y disolución de los compuestos amargos del lúpulo.
- Eliminación de compuestos aromáticos no deseados.
- Coagulación del exceso de proteínas.
- Incorporación de los aromas del lúpulo.

Los dos primeros puntos ocurren rápidamente de empezar el proceso, en cambio, el resto se desarrollan a lo largo de toda la etapa de cocción. Los lúpulos serán adicionados al mosto hirviendo

según las cualidades que se le quiera aportar: los lúpulos de amargor se suelen añadir al principio del hervido mientras que los de aroma hacia el final, debido a la volatilidad de sus componentes. El tiempo de adición de cada lúpulo variará en función del cervecero y de las propiedades que se le quieran aportar al producto final. Hay que tener en cuenta que, el sistema de referencia del tiempo para este proceso es diferente a lo que generalmente está estipulado. El inicio del hervor se conoce como  $t=0'$  (en el caso que el hervor dure 60 minutos) mientras que el final de este se indicará con  $t=0'$

Al hervir el mosto junto al lúpulo ocurre un cambio químico en las resinas que lo componen, concretamente en los  $\alpha$ -ácidos y  $\beta$ -ácidos. Estas se isomerizan y dan lugar a moléculas más solubles para el mosto. En la Figura 3.24 se puede ver la reacción de isomerización para el  $\alpha$ -ácidos humulona y sus respectivos isómeros.

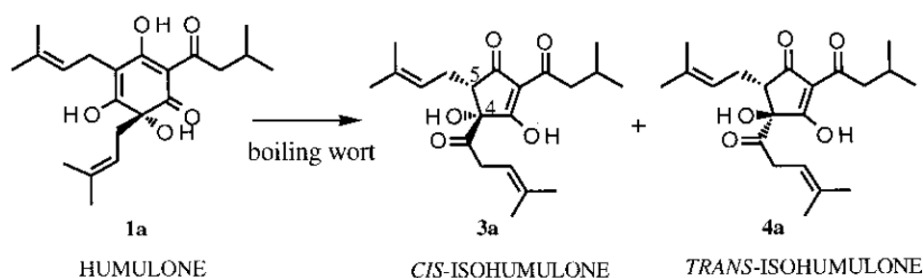


Figura 3.24. Isomerización de la humulona presente en el lúpulo (Fuente: *Fundamentals of beer and hop chemistry* [32])

Los aceites esenciales del lúpulo se disuelven en el mosto durante la cocción, pero muchos de ellos se perderán debido a la vigorosidad del hervido o la descarga de gases que sucede en la fermentación. Por ello, los lúpulos de aroma se adicionan en los últimos minutos del proceso. Durante el hervor también se volatilizan aromas indeseables presentes en el mosto, como por ejemplo el DMS (sulfuro de dimetilo), compuesto aromático que se origina por la acción de calor y presenta un fuerte olor a maíz cocinado. Por esta razón se recomienda que no se coloque la tapa durante el hervido a la olla de cocción, ya que estas sustancias se condensarían y reintroducirían en el mosto.

Los compuestos tánicos del lúpulo reaccionarían con las proteínas del mosto, coagulándolas. Existen aditivos que ayudan a este proceso, uno de los más conocidos recibe el nombre de “Irish Moss”, los cuales facilitarían el proceso de filtrado del mosto.

Durante el proceso de hervido hay que tener en cuenta distintas consideraciones. Las mismas precauciones sobre el sobrecalentamiento del mosto durante la maceración también se aplican en esta etapa haciendo referencia al tiempo de ebullición; para la mayoría de las cervezas 1 hora debería ser suficiente. La única excepción es para los mostos de maltas Pils o lager principalmente, esto es debido a que durante el hervido se originaran más DMS y, por lo tanto, interesa alargar este proceso a 90 minutos para poder volatilizarlos.



Sobrepasar los 90 minutos de hervido puede provocar la descomposición de algunos productos químicos con sabor desagradable.

Para finalizar esta etapa y conseguir el mosto lo más clarificado posible, se somete este a un sistema conocido como *whirlpooling*. Consiste principalmente en someter el mosto a agitación y, gracias a la fuerza centrípeta originada, el lúpulo se concentrará en el centro de la olla. Esto permitirá poder vaciar la olla de cocción sin arrastrar restos de lúpulo con el mosto.



Figura 3.25. Remolino creado durante el proceso de *whirlpool* (Fuente: <https://cervezartesana.es> [33]).

#### 3.2.4.1. Técnicas de adición de lúpulo

Además de adicionar el lúpulo en el proceso de cocción, existen diversas técnicas que contemplan añadirlo en otros momentos del proceso de elaboración de cerveza. La finalidad de estas es resaltar el sabor y el aroma de la cerveza. A continuación, se introducen algunos de los métodos:

##### 3.2.4.1.1 DRY HOPPING

Esta técnica es, probablemente, la práctica más frecuente relacionada con los lúpulos y que no tiene relación con la cocción. En este proceso se añaden los lúpulos a la cerveza almacenada en los tanques de fermentación una vez esta fermentación ha terminado. Los lúpulos tienen que estar en contacto con la cerveza entre una y dos semanas, permitiendo así que se disuelvan los aceites esenciales. El *dry hopping* otorga a la cerveza un aroma fresco y potente a lúpulo, así como también realza un poco su sabor

##### 3.2.4.1.2 HOP BACK

Este proceso también tiene como finalidad aumentar el aroma a lúpulo. Consiste en situar un pequeño tanque lleno de lúpulo entre la olla de cocción y el sistema de refrigeración, haciendo pasar el mosto caliente por este antes de llegar al sistema de refrigeración.

#### **3.2.4.1.3**      *FIRST WORT HOPPING*

Consiste en adicionar el lúpulo en la olla de cocción mientras el mosto se está trasvasando desde el macerador. Este método consigue suavizar el aroma y el sabor a lúpulo y agrega amargor.

#### **3.2.4.1.4**      *MASH HOPPING*

Es una técnica que tiene mucho debate detrás. Se basa en adicionar los lúpulos en el macerador colocándolos encima de la cama de grano y dejando que se asiente durante todo el proceso de maceración. Al no llegar nunca a hervir el lúpulo, se agrega muy poco amargor a la cerveza. Presenta un elevado coste de lúpulo.

### **3.2.5.    Enfriamiento**

El objetivo en esta parte del proceso siempre será el mismo: bajar el mosto caliente después del hervido hasta la temperatura de fermentación lo más rápido posible.

A partir de este momento se tiene que tener mucho cuidado de no contaminar el mosto, desinfectando cualquier utensilio o herramienta que vaya a entrar en contacto con él. De la misma manera se buscan unas condiciones favorables para el crecimiento de las levaduras, también serán buenas condiciones para otros microorganismos no tan deseados. A continuación, se explican varias técnicas:

#### **3.2.5.1.    Serpentín**

Este es, tal vez, de los métodos más sencillos. Consiste en introducir un serpentín dentro de la olla de cocción por el cual circula líquido refrigerante. Es un proceso relativamente lento, pero presenta un coste bajo.



*Figura 3.26. Serpentín introducido en la olla de hervido (Fuente: propia).*

### 3.2.5.2. Intercambiador a contracorriente

Método muy utilizado entre cerveceros caseros ya que tiene una construcción sencilla. El intercambiador consiste en dos tubos concéntricos situados en forma de bobina. Por el tubo interior fluye el mosto y por el exterior el líquido refrigerante. En función del área de contacto total entre los tubos y el caudal de los líquidos se conseguirá un enfriamiento mayor o menor, pudiendo ajustar el sistema hasta obtener la temperatura deseada.



Figura 3.27. Intercambiador a contracorriente (Fuente: <https://sentry-equip.com> [34])

### 3.2.5.3. Intercambiador de placas

El interior del intercambiador está formado por placas delgadas paralelas. El mosto caliente y el líquido refrigerante entran en contacto a través de estas placas e intercambian calor. Al tener tanta área de contacto este mecanismo presenta mejores rendimientos que el intercambiador a contracorriente. En las siguientes figuras se puede ver el aspecto exterior de un intercambiador de placas y la distribución de los fluidos dentro de este.



Figura 3.28. Aspecto de distintos intercambiadores de placas caseros e industriales. (<http://itisamexico.com.mx> [35])

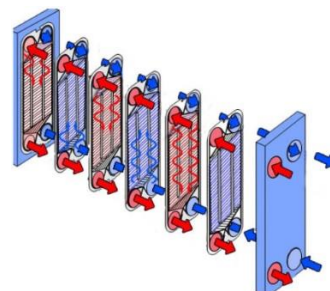


Figura 3.29. Distribución del fluido caliente y frío dentro del intercambiador (Fuente: <http://pheindustry.es> [36]).

En todos los casos anteriores, variando el área de contacto entre los fluidos y el caudal de estos se podrá ajustar la temperatura final del mosto, pudiéndose también adaptar a diferentes dimensiones de planta.

### 3.2.6. Fermentación

La fermentación es uno de los procesos más importantes en la elaboración de cerveza. Existen dichos que dicen que “el cervecero hace el mosto, pero es la levadura la que hace la cerveza”.

Antes de añadir las levaduras al mosto y ponerlo a fermentar es interesante airearlo. En apartados anteriores se ha visto que el oxígeno es esencial para la propagación correcta de las células de levadura durante la fermentación. Así pues, durante el trasvase del intercambiador de calor u olla de cocción al fermentador interesara aportar el máximo oxígeno posible al mosto. Algunos métodos de oxigenación del mosto podrían ser con la ayuda de la gravedad y diferencia de alturas entre los dos recipientes (Figura 3.30), agitación del recipiente del fermentador (Figura 3.31), o introduciendo oxígeno puro directamente en el mosto.

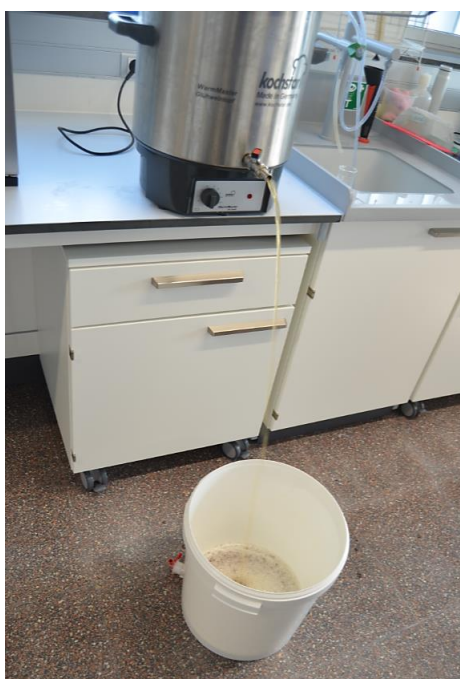


Figura 3.30. Aireación del mosto por gravedad y diferencia de alturas (Fuente: propia).



Figura 3.31. Aireación del mosto por agitación del fermentador (fuente: propia).

Después enfriar y oxigenar el mosto, se deben de inocular las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) lo más rápido posible, para así evitar la entrada de agentes contaminantes. Con la levadura añadida ya se puede dar por comenzado el proceso de fermentación. Las levaduras iniciarán la asimilación de azúcares fermentables, aminoácidos, minerales y otros nutrientes y, a partir de ese momento, se empieza a extraer una amplia gama de compuestos como el etanol, dióxido de carbono, alcoholes superiores y ésteres como resultado del metabolismo celular. Todo ello de manera anaeróbica. Muchos de estos subproductos, en concentraciones altas presentan toxicidad para las levaduras.

### 3.2.6.1. Reacciones de fermentación

El proceso de fermentación se puede dividir en dos partes: la primera parte, conocida como glucólisis, donde se descompone la glucosa para obtener el anión piruvato, y la segunda parte es la propia fermentación, donde el piruvato originado en la glucólisis se transforma en alcohol.

#### 3.2.6.1.1 GLUCÓLISIS

La reacción glucólisis se encarga de degradar las moléculas de glucosa. Consiste en 10 reacciones enzimáticas consecutivas que convierten la glucosa en dos moléculas de piruvato y energía.

Dentro del proceso de glucólisis existen tres partes bien diferenciadas:

##### - Fosforilación de la glucosa

La primera reacción de la glucólisis es la fosforilación de la glucosa, con lo cual se consigue activarla y poder utilizar esa energía en procesos posteriores. Es un proceso que consume energía en forma de ATP (Adenosín Tri Fosfato). La primera parte consisten en la fosforilación del hidroxilo unido al carbono 6 de la glucosa, consumiendo una molécula de ATP. Esta reacción está catalizada por la enzima hexoquinasa, que necesita de una coenzima con magnesio.

Una vez que la glucosa está activada, el siguiente paso consiste en una isomerización de la glucosa-6-fosfato en fructosa-6-fosfato, paso catalizado por la enzima glucosa-6-fosfato isomerasa.

El último paso de esta parte consiste en una segunda fosforilación, esta vez en el hidroxilo del carbono 1 de la fructosa-6-fosfato, dando lugar a una nueva molécula, la fructosa-1,6-bisfosfato, con consumo nuevamente de energía en forma de ATP y con magnesio como cofactor. Este paso es un proceso altamente irreversible y esta catalizado por la enzima fosfofructoquinasa-1.

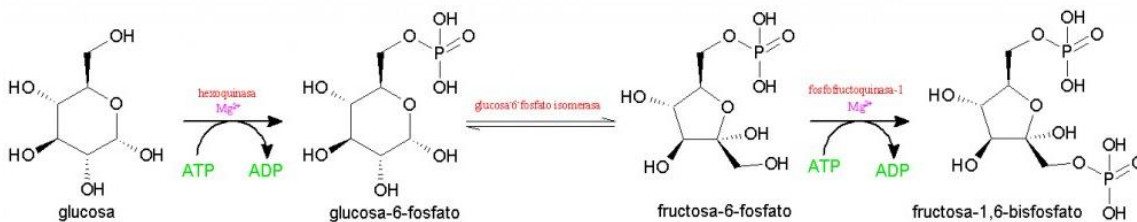


Figura 3.32. Fosforilación de la glucosa durante el proceso de glucólisis (Fuente: <http://didacforner.net> [37]).

##### - Ruptura de la pentosa fructosa-1,6-bifosfato

Proceso en que no hay consumo ni producción de energía en forma de ATP. La molécula fructosa-1,6-difosfato se rompe en dos moléculas mediante una enzima aldolasa, concretamente la fructosa-1,6-

bisfosfato aldolasa, la convierte en dihidroxiacetona fosfato y gliceraldehído-3-fosfato. Ambas moléculas de tres carbonos son convertibles la una en la otra mediante una enzima, la triosa-fosfato isomerasa. Por lo tanto, a partir de una fructosa-1,6-difosfato se obtienen dos moléculas de gliceraldehído-3-fosfato.

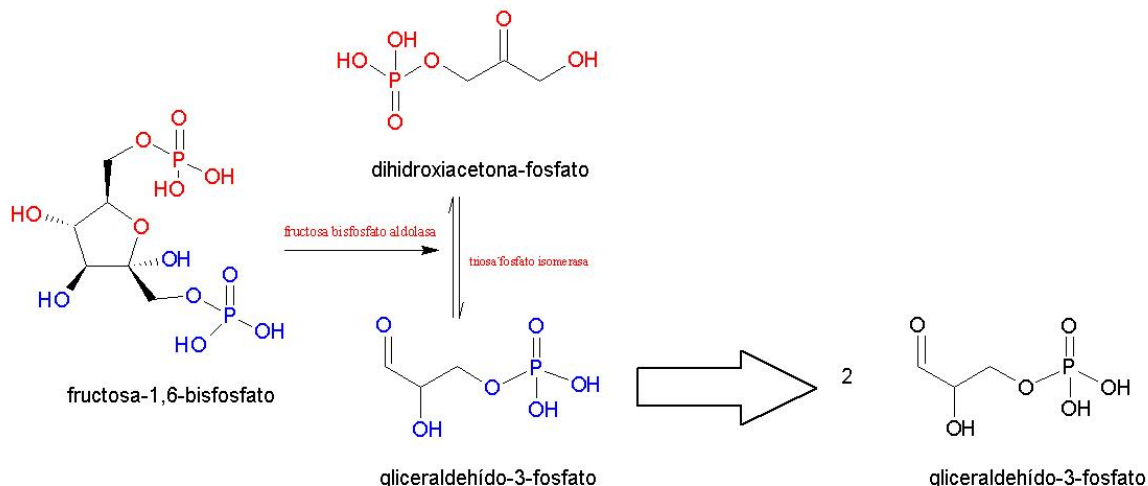


Figura 3.33. Ruptura de la pentosa fructosa-1,6-bisfosfato durante el proceso de glucólisis (Fuente: <http://didacforner.net> [37]).

#### - Desfosforilación

Esta etapa empieza con una oxidación del carbono aldehídico a un grupo carboxílico. Es un proceso que se da en dos partes e implica la generación de una molécula de ATP (recordar que cada molécula de glucosa produce dos de gliceraldehído-3-fosfato). La primera parte consiste en una fosforilación del carbono aldehídico para obtener el 1,3-bisfosfoglicerato, una molécula muy energética. Este paso se da con el consumo de un  $\text{NAD}^+$  (se reduce a  $\text{NADH}$  por el aporte de protones) fósforo inorgánico en forma de fosfato. Está catalizado por la enzima gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa y tiene como cofactor el magnesio. La segunda parte consiste en la desfosforilación del 1,3-bisfosfoglicerato por la enzima fosfoglicerato quinasa a 3-fosfoglicerato. Este segundo paso produce energía en forma de ATP y tiene como cofactor al magnesio.

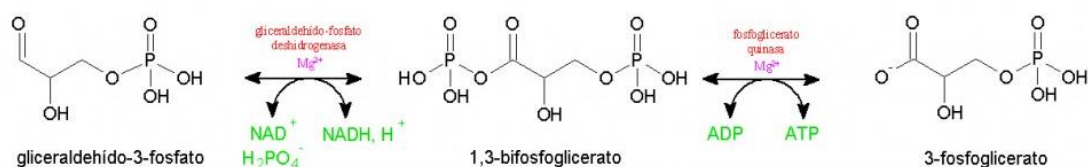


Figura 3.34. Primera etapa de la desfosforilación durante el proceso de glucólisis (Fuente: <http://didacforner.net> [37]).



El siguiente paso consiste en una isomerización del 3-fosfoglicerato procedente de la reacción anterior dando 2-fosfoglicerato, la enzima que cataliza esta reacción es la fosfoglicerato mutasa. En esta reacción se cambia de posición el fosfato del carbono 3 al carbono 2.

Seguidamente, la enzima enolasa libera una molécula de agua de la molécula 2-fosfoglicerato formando un doble enlace entre el carbono 2 y 3, dando como resultado una molécula llamada fosfoenolpiruvato. Esta enolasa necesita del cofactor magnesio para su funcionamiento.

Por último, ocurre la desfosforilación del fosfoenolpiruvato, obteniéndose piruvato y ATP. Reacción irreversible realizada por la enzima piruvato quinasa y con magnesio como cofactor. En esta etapa se produce otra molécula de ATP.

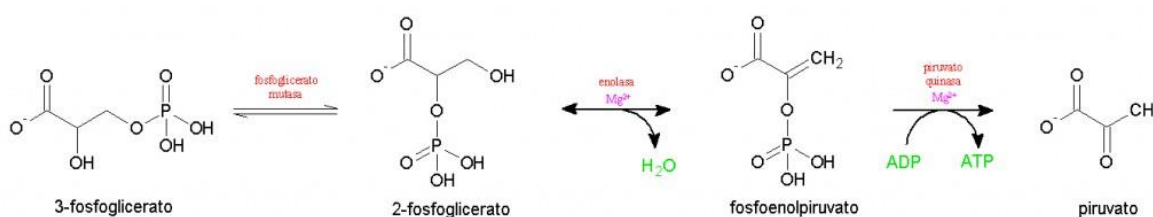


Figura 3.35. Segunda etapa de la desfosforilación durante el proceso de glucólisis (Fuente: <http://didacforner.net> [37]).

El ácido pirúvico es un compuesto orgánico clave en el metabolismo. Es el producto final de la glucólisis, una ruta metabólica universal en la que la glucosa se escinde en dos moléculas de piruvato y se origina energía (2 moléculas de ATP).

### 3.2.6.1.2 FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

Una vez formado el piruvato y bajo condiciones anaeróbicas, pueden ocurrir dos fermentaciones: una produce etanol y otra produce ácido láctico. Esta última se produce con bacterias y contribuye al mal sabor de la cerveza.

La primera reacción de la fermentación alcohólica es la descarboxilación del piruvato. Esto significa que la molécula de piruvato pierde una molécula de dióxido de carbono, concretamente del carbono del grupo carboxílico, y se convierten en una molécula más sencilla, el acetaldehído (o etanal). Es una reacción compleja, catalizada por una enzima llamada piruvato descarboxilasa y necesita de magnesio y de un grupo prostético llamado tiamina pirofosfato (TPP) como cofactores.



Figura 3.36. Reacción de fermentación alcohólica (Fuente: <http://didacforner.net> [37]).

Una vez producido el acetaldehído, este se somete a otra reacción, catalizada por una enzima llamada alcohol deshidrogenasa y utiliza como coenzima el NADH (nicotinamida adenina dinucleótido) en medio ligeramente ácido. Este es un proceso redox, donde el NADH se oxida a NAD<sup>+</sup> y el acetaldehído se reduce etanol.

La reacción global de la fermentación se puede resumir de la siguiente manera:



Figura 3.37. Reacción global de fermentación (Fuente: <http://didacforner.net> [37]).

Existe un parámetro llamado atenuación que equivale al porcentaje de azúcares en el mosto que han sido convertidos en alcohol y CO<sub>2</sub>.

### 3.2.6.2. Tipos de fermentación

Existen una gran variedad de tipos de cerveza: pilsners, stouts, pale ales, etc, las cuales se pueden englobar en dos grandes grupos: ales y lagers.



Figura 3.38. Clasificación de diferentes estilos de cervezas (Fuente: <http://seidell.wordpress.com> [38])



La principal diferencia entre estos dos grandes grupos de cerveza no está ni en el color, sabor, aroma o materias primas utilizadas, sino en las levaduras usadas y el tipo de fermentación.



Figura 3.39. Tipos de fermentación (Fuente: <http://cervezartesana.es> [33]).

En el caso de las lagers, se utiliza la cepa *Saccharomyces uvarum* o la *Saccharomyces carlsbergensis* que tiene la particularidad de formar flóculos o grumos que, al ser más densos que la cerveza, tienden a depositarse en el fondo del tanque hacia el final de la fermentación. Por esta razón recibe el nombre de “fermentación baja”. El rango de temperatura óptimo para esta levadura va de los 7 a 14 °C aproximadamente y el tiempo de fermentación puede oscilar entre 1 y 3 semanas.

Para las cervezas ales, se usa la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, una cepa conocida como de “fermentación alta” ya que sube a la superficie del mosto al final de la fermentación debido a que los grumos que forma atrapan el CO<sub>2</sub> y flotan. Los mostos de la ales son inoculados a una temperatura más alta, de entre 15 °C y 20 °C, y la fermentación puede durar entre 2 y 5 días.

### 3.2.6.3. Carbonatación de la cerveza

A pesar de que se ha visto que uno de los productos de la reacción de fermentación es el dióxido de carbono, este se perderá a través del *airlock* colocado en la tapa del fermentador.

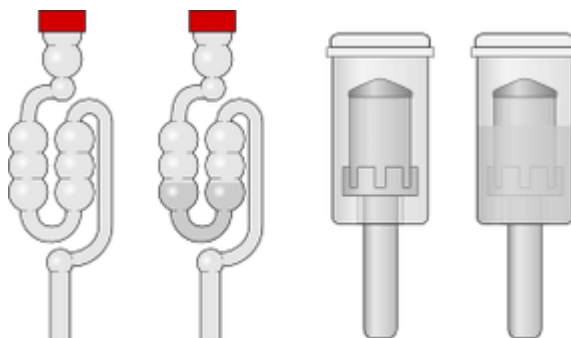


Figura 3.40. Diferentes tipos de airlock (Fuente: <http://beerbrewersguide.com> [39]).

El único propósito del *airlock* es permitir que durante la fermentación se alivie la presión interna del recipiente por la creación de gases, a la par que sella y evita que entren agentes contaminantes.

Así pues, el dióxido de carbono que está presente en la cerveza final se tendrá que originar después de la que las levaduras acaben con todos los azúcares fermentables presentes en el fermentador. Existen dos técnicas de carbonatación:

#### 3.2.6.3.1 CARBONATACIÓN NATURAL

La carbonatación natural se consigue mediante la adición de azúcar o dextrosa en el momento de envasar la cerveza, ya sea en botella o barril. En general, la cerveza carbonatada de manera natural presenta menos claridad y es un proceso más lento que la carbonatación forzada.

#### 3.2.6.3.2 CARBONATACIÓN FORZADA

Este método de carbonatación se realiza inyectando gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ) en la cerveza en unas condiciones de presión y temperatura determinadas



Figura 3.41. Gas carbónico (Fuente: <http://brouwland.com> [26])

### 3.2.7. Control de calidad del proceso

Durante todo este apartado se ha visto la importancia que tienen los parámetros fisicoquímicos como la temperatura y el pH durante todo el proceso de elaboración y como afectan al producto final, al igual que los tiempos y la materia prima utilizada.

Llevar el control de estos parámetros permitirá conocer lo que está sucediendo en cada etapa y predecir cómo será el producto final, determinar los puntos críticos y asegurar la consistencia del producto de un lote a otro. A continuación, se mencionan algunos de los puntos básicos más importantes y cómo afectan a la cerveza final.

La temperatura es uno de los factores que más influye durante todo el proceso de elaboración de cerveza. Llevar un control de ella nos permitirá predecir el nivel de amargor o aroma, según el tiempo que el lúpulo ha estado hirviendo en la etapa de cocción; el nivel de atenuación de la levadura durante la fermentación; o características como el cuerpo o nivel de alcohol, según la temperatura de maceración y las enzimas que se han extraído en esta. A estas últimas le afectan también los valores de pH. Los niveles de azúcares sacarificados durante la maceración se pueden medir gracias a la densidad. Un mosto con densidad 1.045 significa que tiene 45 gramos de azúcar disueltos en un litro de líquido. Existen otras unidades de densidad comunes en el campo cervecero además de las del SI. Las más conocidas son los grados Plato (°P) y los Brix.

Conocer la densidad antes y después de la fermentación determinará los grados de alcohol que tendrá la cerveza. Se detalla en el “Anexo III. Cálculo de la graduación de alcohol” los cálculos para conocer la graduación de alcohol.

Existen diversos instrumentos capaces de medir la densidad: el densímetro y el refractómetro. El densímetro (Figura 3.42) consiste en un cuerpo de vidrio que se introducen la muestra de la cual se quiere saber la densidad. Cuando este se estabilice y deje de balancearse mostrará el valor de densidad. Los inconvenientes de este instrumento son la cantidad de mosto desperdiciado y que, por lo general, están calibrados a temperatura ambiente, mientras que las muestras que se sacan durante la producción de cerveza están a temperaturas superiores, por lo que se tendrá que aplicar un factor de corrección o bajar la temperatura de la muestra.



Figura 3.42. Densímetro/hidrómetro (Fuente: *Mastering Hombrew* [11]).

El refractómetro es un instrumento óptico que mide la concentración de sacarosa de una solución basada en el índice de refracción que produce la luz en dicha solución y a través del visor te muestra el resultado en diversas unidades. A diferencia que el densímetro, con unas pocas gotas de mosto ya se puede obtener el resultado, además de permitir bajar la temperatura de la muestra mucho más rápido. El inconveniente que presenta es que no puede hacer mediciones para el mosto después de la fermentación, ya que no contempla la presencia de etanol para dar el resultado de densidad.



Figura 3.43. Refractómetro y su visor (Fuente: <http://brouwland.com> [26])

Así pues, llevar un control de todo lo que sucede durante el día de producción es muy importante de cara a encontrar posibles fallos del proceso y garantizar la continuidad de las propiedades de la cerveza de un lote a otro. Existen plantillas que facilitan llevar un registro de todos los parámetros a tener en cuenta durante una producción. En el Anexo IV. Plantilla de control de calidad se adjunta un ejemplo de plantilla.

### 3.3. Adaptación del proceso

En el inicio de esta sección (página 59) se había visto el diagrama del esquema general del proceso general de elaboración de cerveza.

De cara a realizar producciones de cerveza en las instalaciones del presente proyecto se plantean unas series de simplificaciones para asegurar la viabilidad del proceso. Se ha decidido mantener solo los tanques donde suceden los procesos principales del proceso: calentamiento de agua, maceración, cocción y fermentación. En las siguientes imágenes se muestran las etapas que se han omitido.

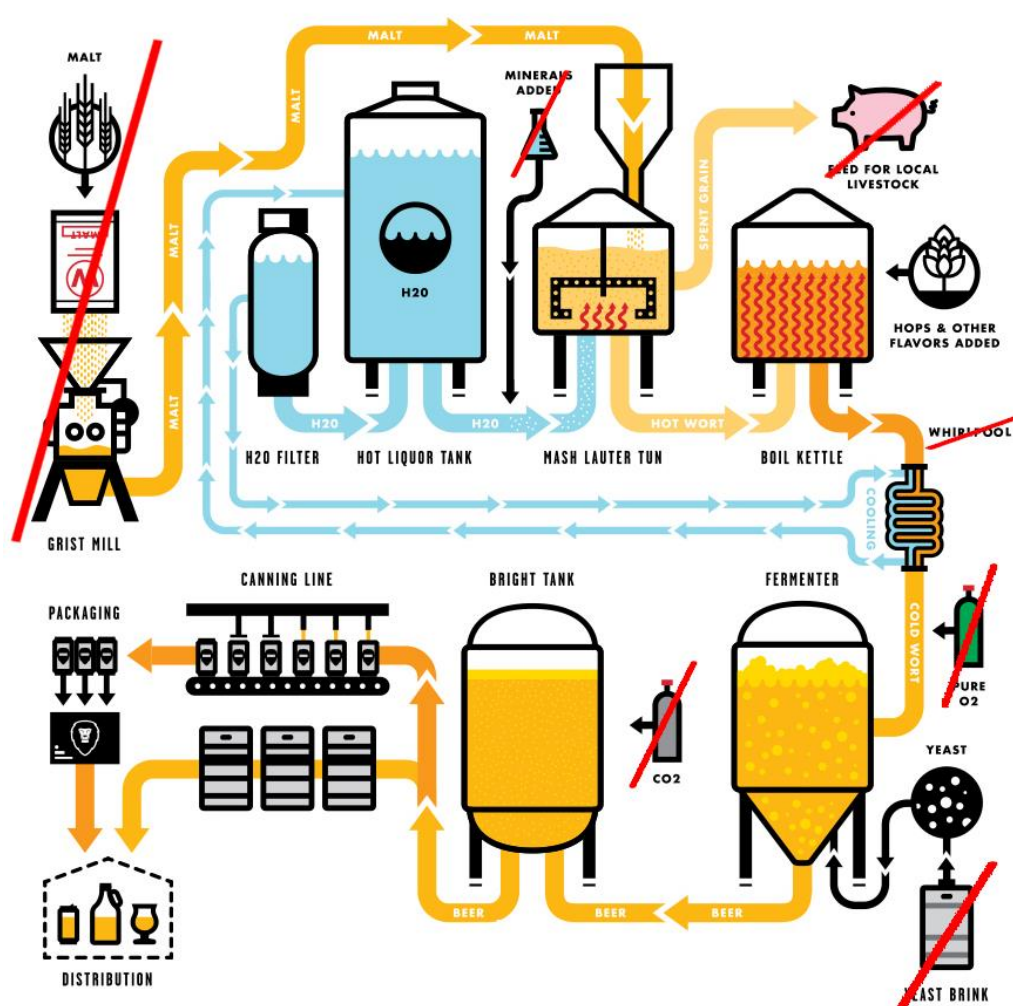


Figura 3.44. Esquema de un proceso general de producción de cerveza omitiendo algunos procesos (Fuente original: <http://aslanbrewing.com> [23]).

Se omiten las etapas de molienda del grano, tratamiento de agua, filtración a través de *whirlpool*, cultivo de levaduras, adición de oxígeno y dióxido de carbono al mosto, y la entrega de los residuos orgánicos a como alimento de ganados.

El diagrama del proceso simplificado quedaría de la siguiente manera:

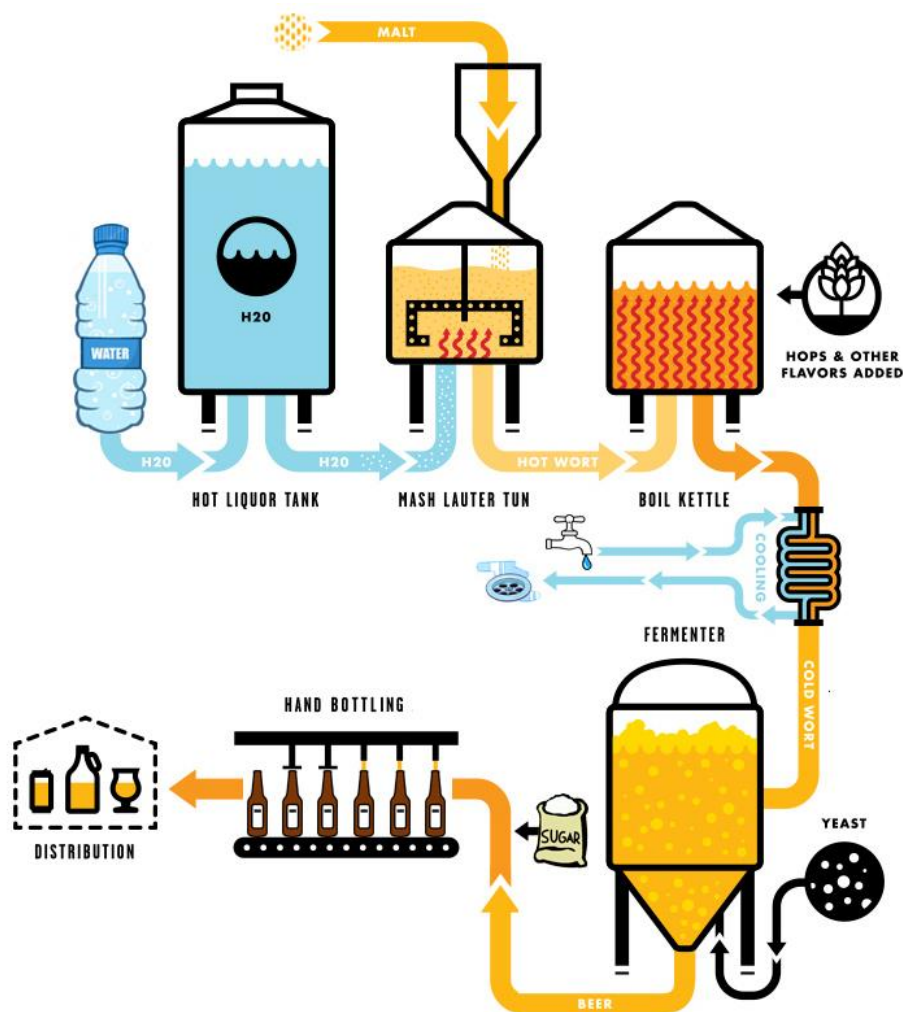


Figura 3.45. Diagrama del proceso de elaboración de cerveza simplificado (Fuente original: <http://aslanbrewing.com> [23]).

A continuación, se explica brevemente en qué consistirá cada etapa y las especificaciones en cada caso.

En primer lugar, se parte de la base de comprar toda la materia prima. Se usará agua embotellada seleccionada en función de su composición química con una cantidad mínima de calcio de 50 mg/L como requisito. Los granos se comprarán ya malteados y triturados.

Con estos dos ingredientes se procede a la maceración. Se dispone de un tanque de acero inoxidable de 50 litros de capacidad provisto de una resistencia que se encargará de calentar el agua caliente requerida durante el proceso. Seguidamente se infundirá el grano con el agua caliente en el tanque de maceración, otra olla de 50 litros de capacidad y de acero inoxidable. El tanque dispone de una bolsa de maceración para evitar la turbidez del mosto. El sistema de macerado incorporará también un sistema HERMS, en el que el mosto se recirculará al mismo macerador pasando por un serpentín que se encuentra dentro del tanque de agua caliente con la ayuda de una bomba magnética. Esto



ayudará a controlar la temperatura de maceración y a realizar el lavado. El siguiente paso es la cocción, para el cual se dispone de otro tanque de 50 litros de acero inoxidable. Para llevar el mosto a ebullición se utilizarán placas de calefacción de laboratorio y el lúpulo se adicionará en bolsas de algodón para evitar que llegue a atascar el grifo del tanque. Al finalizar la cocción el mosto pasará por un intercambiador de 36 placas, utilizando como líquido refrigerante el agua de red. Finalmente, la fermentación sucederá en fermentadores de plástico de 30 lúquidos de capacidad, usando dos en el caso de ser necesario.

Acabada la fermentación, se aportará el dióxido de carbono a la cerveza mediante fermentación natural, adicionando el azúcar necesario al mosto en función de los litros producidos. Con la cerveza ya embotellada y chapada, solo quedaría esperar a que las levaduras acabaran su trabajo para poder disfrutar del producto final (Figura 3.46). En la imagen se pueden ver los dos estilos de cerveza que se producen desde la asociación *UPC BCN AIChE Student Chapter*.



Figura 3.46. Producto final de la elaboración de cerveza (Fuente: propia).

Durante todo el proceso de elaboración se mantendrá limpiará y desinfectará cualquier instrumento o recipiente que entre en contacto con el mosto o cualquiera materia prima del proceso.

### 3.3.1. Gantt del proceso

Por tal de planificar mejor el proceso se ha realizado un diagrama de Gantt del proceso, según los tiempos de preparación de cada etapa (eje x) y el equipo disponible (eje y).

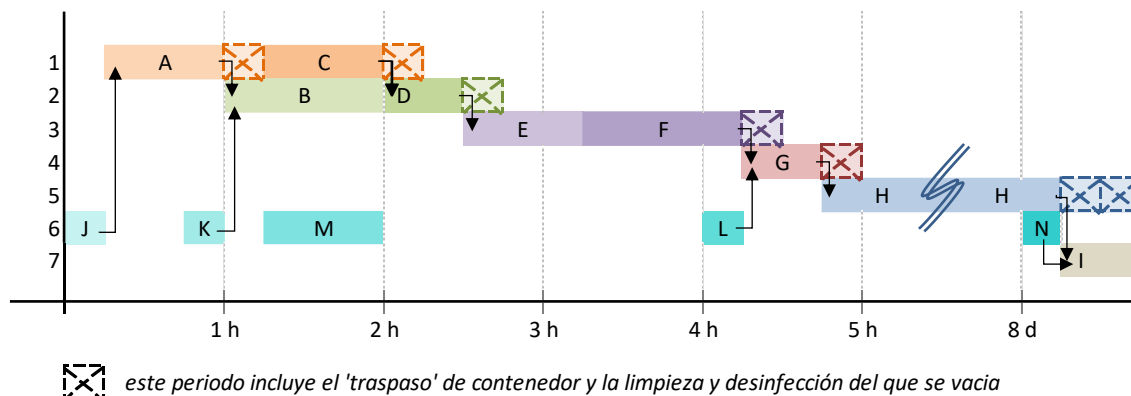


Figura 3.47. Diagrama de Gantt del proceso.

Las siguientes tablas muestran la numeración del equipo utilizado y la descripción de las actividades:

Tabla 3.6. Equipo utilizado del diagrama de Gantt.

Eje y	Nombre del equipo
1	Tanque de agua caliente
2	Macerador
3	Olla de cocción
4	Intercambiador de calor
5	Fermentador
6	Pica/grifo
7	Chapador

Tabla 3.7. Descripción de las actividades del diagrama de Gantt.

Actividad	Duración	Descripción
A	45'	Calentar el agua destinada a la maceración
B	45'	Maceración
C	60'	Precalentar más agua para lavar el grano en la maceración
D	30'	Recirculación y regado del mosto. Traspaso a la olla de cocción
E	45'	Llevar el mosto a ebullición
F	60'	Lupulización
G	30'	Refrigeración (*Según método de refrigeración)
H	X'	Adición de las levaduras y fermentación (*según receta)
I	30'	Embotellar
J	15'	Limpieza y desinfección del tanque calefactor de agua HLT
K	15'	Limpieza y desinfección del macerador MT
L	15'	Limpieza y desinfección del intercambiador
M	45'	Limpieza de botellas
N	15'	Desinfección de botellas





## 4. Diseño y construcción de la planta

En este apartado se plantea el diseño para una planta piloto de cerveza de 50 litros (Figura 4.1). Se detalla la información general, así como los materiales utilizados y propuestas de mejora para la planta.



Figura 4.1. Diseño de la planta piloto del presente proyecto (Fuente: propia).

## 4.1. Localización de la planta

La ubicación de la planta se encuentra en la planta -1 del edificio “I” del campus “Escola d’Enginyeria Barcelona Est” de la UPC.

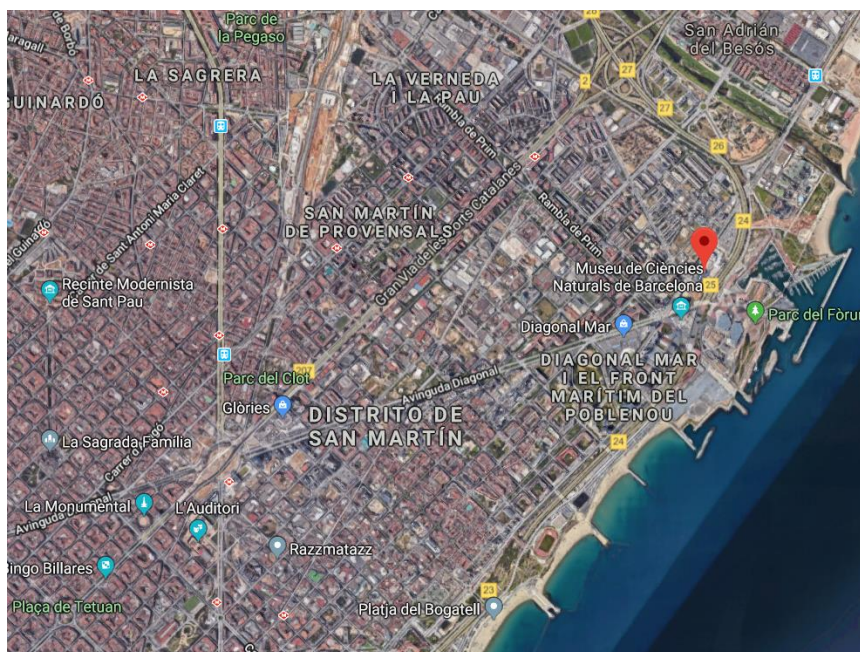


Figura 4.2. Localización del campus EEBE – UPC en Barcelona

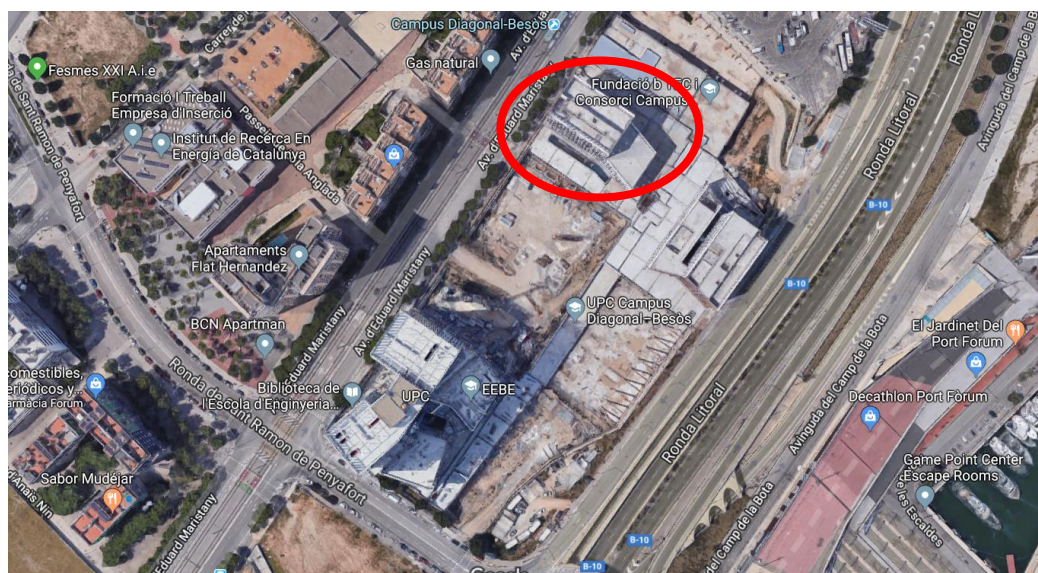


Figura 4.3. Localización del edificio I dentro del campus EEBE – UPC.

La sala en cuestión presenta salida de humos, grifo y desagüe en el suelo, con una dimensión aproximada de 4 m<sup>2</sup>. El espacio ha sido cedido por la escuela a la asociación *UPC BCN AIChE Student Chapter* para poder desarrollar este proyecto.

## 4.2. Detalle de los elementos que componen la planta

En la industria alimentaria, el acero inoxidable es el material más recomendado por su conformado, soldado y pulido. También se emplea en utensilios y maquinaria de preparación de alimentos. En general, está presente en todas las instalaciones y maquinarias con las que tiene contacto los alimentos debido a las numerosas ventajas que presenta:

- Resistencia a la corrosión
- Superficie poco porosa
- Resistencia a tensiones mecánicas y choques
- No está recubierto de protecciones que se degradan con facilidad
- Alta capacidad de limpieza e higiene

Por estas razones y por la alta exigencia de una higiene correcta durante la elaboración de cerveza se ha seleccionado el acero inoxidable como el material de todos los tanques que componen la estructura, así como los complementos (válvulas, intercambiador, etc.). Además, incorporar cualquier otro metal en contacto con el acero inoxidable podría provocar la corrosión galvánica, el cual tendría efectos no deseados durante el proceso de elaboración. El único tanque que se ha mantenido de plástico ha sido el fermentador, debido a que ya se disponía de varios recipientes de 30 L y se ha decidido aprovecharlos por tal de abaratar costes. Se espera en un futuro sustituirlos por uno de acero inoxidable.

En cuanto a las conexiones para trasvasar el mosto de un recipiente a otro se utilizan mangueras de silicona ya que no aportarán sabores ni olores al mosto cuando se trabaje con él a altas temperaturas.

A continuación, se mostrarán imágenes de los diferentes componentes que forman la planta:



Figura 4.4. Tanque de agua y olla de cocción (Fuente: <https://polsinelli.it> [40])



Figura 4.5. Tanque macerador (Fuente: <http://masmalta.com> [41]).





Figura 4.6. Resistencia eléctrica (izquierda) y caja aislante de la resistencia (derecha) (Fuente: <https://brewpi.com> [42]).



Figura 4.7. Válvula de bola (Fuente: <https://brewpi.com> [42]).



Figura 4.8. Intercambiador de 36 placas (Fuente: <https://brouwland.com> [26]).



Figura 4.9. Bomba magnética (Fuente: <https://brouwland.com> [26]).



*Figura 4.10. Fermentador de plástico (Fuente: <http://family-beer.com> [43]).*



*Figura 4.11. Tubo de silicona para realizar las conexiones de mosto (Fuente: <http://family-beer.com> [43]).*

En el volumen II de este proyecto se detallan los planos de todos los elementos que componen la planta.



## 5. Impacto medioambiental

Uno de los principales problemas de la elaboración de cerveza, sobretodo en el campo de cerveza artesanal, es la gestión de residuos tanto de agua como de malta.

El consumo de agua por cada litro de cerveza fabricado asciende a aproximadamente 10 litros. Gran parte de estos litros están destinados a la limpieza y desinfección de tanques e instrumentación, por lo que será agua que contenga productos químicos y se debe controlar donde se vierten. Una manera de aprovechar parte del agua consumido sería, durante el proceso de enfriado del mosto, introducir el agua gastada como líquido de refrigeración en el tanque de agua caliente. Esta acción, además, reduciría el consumo energético de la resistencia ya que se estaría introduciendo agua caliente y no se tendría que emplear tanta energía para calentarla.

En cuanto a los granos de malta, tanto microcervecerías como cervecerías industriales establecen convenios con granjas locales para entregar el residuo como alimento del ganado. En el caso de las dimensiones de la planta del presente proyecto se habla en este caso de menos de 10 quilos malta por lo que no se plantea como un problema a corto plazo.

A nivel del territorio español y gracias a políticas medioambientales, datos del 2016 muestran valores favorables de cara al medio ambiente



Figura 5.1. Infografía con datos de sostenibilidad y medioambiente (Fuente: Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España [1]).





## **6. Normativa aplicada a la fabricación de cerveza en España**

La cerveza es un producto alimentario sujeto a múltiples controles de tipo legislativo. En este apartado se resumen, con la mayor simplicidad posible, el marco legal básico que rodea este producto y que abarca desde su fabricación hasta su puesta en el mercado. Dentro del marco legal pueden identificarse los siguientes apartados:

### **6.1. Normativa aplicable a la cerveza en cuanto a producto (Norma de calidad)**

La cerveza se encuentra regulada actualmente mediante Real Decreto 678/2016 (adjunto en el Anexo V. Real decreto 678/2016), de 16 de diciembre del Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales que entró en vigor el 18 de diciembre de 2016.

Este real decreto actualizó la normativa básica de calidad para la elaboración y comercialización de la cerveza y de las bebidas de malta, ante el desarrollo de innovaciones tecnológicas, la evolución de los mercados y la modificación de las expectativas de los consumidores.

El objeto de esta norma es definir qué se entiende por cerveza a efectos legales y fijar sus normas de elaboración, circulación y comercio, y, en general, su ordenación jurídica.

### **6.2. Normativa aplicable al etiquetado de la cerveza**

El Reglamento (UE) Nº 1169/2011 de 25 de octubre de 2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor establece los principios generales, los requisitos y las responsabilidades que rigen la información alimentaria y, en particular, el etiquetado de los alimentos. Se aplica a los operadores de empresas alimentarias en todas las fases de la cadena alimentaria, en caso de que sus actividades conciernen a la información alimentaria facilitada al consumidor.

La cerveza, como producto alimenticio, está sujeta a las disposiciones de este Reglamento, con las particularidades que se establecen en su propia Norma de Calidad por lo que respecta a sus denominaciones de venta regulada por el Real Decreto 1334/1999 (Anexo VI. Real Decreto 1334/1999)

### 6.3. Normativa sobre los impuestos especiales que gravan la cerveza

La sujeción de la cerveza a la Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales, responde a la armonización de estos impuestos a escala comunitaria, configurándose como impuestos indirectos que recaen sobre el consumo de determinados bienes, gravando su fabricación o su importación. La repercusión obligatoria del impuesto produce el efecto de que el gravamen sea soportado por el consumidor, además de lo que lo hace el IVA en su condición de impuesto general (al tipo del 21% para la cerveza).

El Real Decreto 1165/1995, de 7 de julio, establece las condiciones detalladas de aplicación de la Ley en forma de Reglamento. Los tipos impositivos se actualizan mediante la Ley General de Presupuestos del Estado.

### 6.4. Normativa referente a los envases de cerveza

Los envases de cerveza se encuentran sujetos a las siguientes normas:

- Contenido efectivo: Real Decreto 1801/2008, de 3 de noviembre
- Características de las botellas como recipientes medida: Real Decreto 703/1988, de 1 de julio
- En tanto que se convierten en residuo: Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de envases y su reglamento -Real Decreto 782/1998, de 30 de abril

La asociación de Cerveceros de España es uno de los miembros fundadores del Sistema Integrado de Gestión ECOVIDRIO, una entidad sin ánimo de lucro encargada de gestionar el reciclado de todos los residuos de envases de vidrio en España.

### 6.5. Normativa medioambiental (IPPC)

La industria cervecera se encuentra sujeta al cumplimiento de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación (BOE nº 157, de 2 de julio de 2002), que articula un procedimiento para la concesión de las autorizaciones ambientales integradas para las instalaciones industriales sujetas a la misma, donde deberán constar los límites máximos de emisión autorizados en función de las mejores técnicas disponibles en cada caso. Como referencia respecto a las mejores técnicas disponibles por sectores, se han elaborado en el IPTS (Instituto de Prospectivas Tecnológicas) de Sevilla unos documentos llamados BREF (Disponible en <https://bit.ly/2reDbw7>).

## **6.6. Normativa relativa a seguridad e higiene**

El Reglamento UE nº 178/2002, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, que es directamente aplicable sin necesidad de transposición a nuestra normativa nacional, establece los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y fija procedimientos relativos a la seguridad alimentaria (Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 31, de 1 de febrero de 2002).

Dicho Reglamento se basa sobre dos pilares de extraordinaria importancia: el análisis de riesgos y la trazabilidad. Es de aplicación, además, desde el 1 de enero de 2006, el Reglamento UE nº 853/2004, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios.



## Conclusiones

Una vez finalizado el proyecto y en base a los objetivos planteados al principio, se procede a desarrollar las conclusiones alcanzadas durante trabajo:

- Se ha entendido el proceso general de elaboración de cerveza. A lo largo del cuatrimestre se han puesto en práctica las diferentes técnicas explicadas a lo largo de la memoria para producciones a pequeña escala (20 y 5 litros) y estas se han desarrollado con éxito.
- El desarrollo de la memoria ha servido para comprender toda la actividad molecular que sucede a lo largo del proceso de elaboración. Estos conceptos han servido para asegurar la continuidad de las características de la cerveza de un lote a otro y a identificar los puntos críticos en el caso de obtener resultados diferentes.
- Se ha visto la importancia y repercusión que tienen los parámetros fisicoquímicos durante todo el proceso de elaboración de cerveza.
- Se ha planteado y desarrollado el diseño de una planta de piloto cervecera de 50 litros con éxito. A la fecha de entrega del proyecto no se ha podido poner en práctica ninguna producción en las instalaciones de la planta debido a la falta de instalación eléctrica en dicha localización. Las obras están previstas para dentro de un mes. A partir de esa fecha, todas las producciones de lotes de cerveza se realizarán en las instalaciones de la planta.



## Propuestas de mejora

Des de la asociación de estudiantes *UPC BCN AIChE Student Chapter* se plantea seguir realizando proyectos relacionados con la planta piloto de cerveza con el fin de mejorarla y ampliar conocimientos desde el punto de vista estudiantil, además de incorporar algunas de las etapas que se habían omitido del proceso general de producción.

Algunas de estas propuestas serían las siguientes ordenadas de corto plazo a largo plazo:

- **Construcción de un molino de malta:** Esto permitiría disponer de una mayor cantidad de stock debido a que el grano sin triturar se conserva más tiempo. Además, se vería reflejado en una reducción de costes de materia prima.
- **Instalación de sensores de temperatura:** Ayudando a controlar de manera constante un parámetro de tanta importancia durante todo el proceso.
- **Facilitar el sistema de limpieza y desinfección:** Proponer un mecanismo de limpieza que presente más facilidades y asegure la imposibilidad de contaminación del mosto o cerveza.
- **Incorporación de un sistema de filtrado:** Con el fin de reducir el grado de turbidez de la cerveza.
- **Automatización de la planta:** Relacionado con el punto anterior, se espera desarrollar en un futuro un sistema automatizado del proceso mediante control de sensores de temperatura.
- **Control de la temperatura de fermentación:** Con el fin de asegurar la temperatura óptima de las levaduras en cualquier época del año y mejorar la calidad del producto final.
- **Análisis del proceso de maceración:** A lo largo de la memoria se ha visto la cantidad de factores fisicoquímicos que afectan durante el proceso de maceración. Se plantea un proyecto que estudie todos estos parámetros, junto a su correspondiente actividad enzimática y las características del producto final.
- **Tratamiento de agua:** Realizar un estudio de las características del agua de la red en las instalaciones de la planta, plantear mejoras de composición química de esta y ver cómo afecta a las características del producto final.
- **Gestión de residuos:** Propuesta de soluciones para reducir el impacto medioambiental gestionando de manera correcta los residuos.
- **Certificado de sanidad:** Se espera conseguir el certificado sanitario de la planta con el fin de vender el producto final de manera legal.





## Presupuesto

A continuación, se detalla el presupuesto de la construcción de la planta piloto de cerveza. Este se divide según los costes de material, el proceso de montaje, y las horas de ingeniería.

### Coste de material

Se desglosa el coste de material según la estructura general y los diferentes tanques presentes en la planta:

Tabla P.1. Presupuesto para la estructura general de la planta.

Ítem	Proveedor	Precio unitario (€/u)	Unidades (u)	URL	Precio (€)
Perfil gris 35x35 mm	Leroy Merlin	3,89	8	<a href="http://bit.ly/2wKnFJg">http://bit.ly/2wKnFJg</a>	31,12
Balda gris 60x50 cm	Leroy Merlin	6,75	6	<a href="http://bit.ly/2wKu876">http://bit.ly/2wKu876</a>	40,50
Escuadras de metal (pack 8u)	Leroy Merlin	3,39	3	<a href="http://bit.ly/2xrjipT">http://bit.ly/2xrjipT</a>	10,17
Pies plástico 35x35 (pack 4u)	Leroy Merlin	1,49	3	<a href="http://bit.ly/2kOB8Pm">http://bit.ly/2kOB8Pm</a>	4,47
Tuercas y tornillos (pack 40u)	Leroy Merlin	4,79	2	<a href="http://bit.ly/2xijNDu">http://bit.ly/2xijNDu</a>	9,58
Ruedas	Leroy Merlin	2,50	6	<a href="https://bit.ly/2r7ECwv">https://bit.ly/2r7ECwv</a>	15,00
Tubo alimentario 9x13 (1,5 m)	Family Beer	6,00	6	<a href="https://bit.ly/2JDO0PQ">https://bit.ly/2JDO0PQ</a>	36,00
Conectores y tuercas varias	Varios	50,00	1	Varios	50,00
<b>Precio total</b>					<b>196,84</b>

Tabla P.2. Presupuesto para el tanque de agua caliente.

Ítem	Proveedor	Precio unitario (€/u)	Unidades (u)	URL	Precio (€)
Bidón inox 50 L	Polsinelli	40,00	1	<a href="http://bit.ly/2FR6UIG">http://bit.ly/2FR6UIG</a>	40,00
Resistencia eléctrica (5500 W)	Aiicioo	29,88	1	<a href="http://amzn.to/2wVvJrB">http://amzn.to/2wVvJrB</a>	29,88
Enclosure kit	Brewpi	45,38	1	<a href="http://bit.ly/2kPLXRm">http://bit.ly/2kPLXRm</a>	45,38
HERMS	Brewpi	120,00	1	<a href="https://bit.ly/2jgVLAo">https://bit.ly/2jgVLAo</a>	120,00
Válvula 1/2"	Brewpi	10,89	3	<a href="https://bit.ly/2oJjMmw">https://bit.ly/2oJjMmw</a>	32,67
<b>Precio total</b>					<b>267,93</b>

Tabla P.3. Presupuesto para el tanque macerador.

Ítem	Proveedor	Precio unitario (€/u)	Unidades (u)	URL	Precio (€)
Macerador inox 50 L	MasMalta	194,11	1	<a href="http://bit.ly/2ynI3nQ">http://bit.ly/2ynI3nQ</a>	194,11
Bomba magnética	Brewferm	149,00	1	<a href="http://bit.ly/2hGb3Nz">http://bit.ly/2hGb3Nz</a>	149,00
Conectores de la bomba	Brewferm	16,95	1	<a href="http://bit.ly/2hFjQ2z">http://bit.ly/2hFjQ2z</a>	16,95
Aislante térmico	Materials World	37,40	1	<a href="https://bit.ly/2jg1Z3p">https://bit.ly/2jg1Z3p</a>	37,40
Bolsa de malta	Family Beer	14,50	1	<a href="https://bit.ly/2KqQBhw">https://bit.ly/2KqQBhw</a>	14,50
Válvula 1/2"	Brewpi	10,89	1	<a href="https://bit.ly/2oJjMmw">https://bit.ly/2oJjMmw</a>	10,89
<b>Precio total</b>					<b>422,85</b>

Tabla P.4. Presupuesto para el tanque de hervido.

Item	Proveedor	Precio unitario (€/u)	Unidades (u)	URL	Precio (€)
Bidón inox 50 L	Polsinelli	40,00	1	<a href="http://bit.ly/2FR6UIG">http://bit.ly/2FR6UIG</a>	40,00
Placa calefactora	Orbegozo	21,50	2	<a href="https://amzn.to/2jiUkBg">https://amzn.to/2jiUkBg</a>	43,00
Bolsas de lúpulo	Family Beer	2,75	1	<a href="https://bit.ly/2r9XFH2">https://bit.ly/2r9XFH2</a>	2,75
Válvula 1/2"	Brewpi	10,89	1	<a href="https://bit.ly/2oJjMmw">https://bit.ly/2oJjMmw</a>	10,89
<b>Precio total</b>					<b>96,64</b>

Tabla P.5. Presupuesto para el tanque de fermentación.

Item	Proveedor	Precio unitario (€/u)	Unidades (u)	URL	Precio (€)
Fermentador 30L	Family Beer	23,00	2	<a href="https://bit.ly/2HAMvFH">https://bit.ly/2HAMvFH</a>	46,00
Airlock	Family Beer	2,30	2	<a href="https://bit.ly/2HCZSkx">https://bit.ly/2HCZSkx</a>	4,60
Intercambiador de 36 placas	Brouwland	99,95	1	<a href="http://bit.ly/2hHfTug">http://bit.ly/2hHfTug</a>	99,95
Chapador	Family Beer	20,00	1	<a href="https://bit.ly/2HDQeCf">https://bit.ly/2HDQeCf</a>	20,00
<b>Precio total</b>					<b>170,55</b>

Tabla P.6. Presupuesto para los instrumentos de medida y materiales de desinfección.

Ítem	Proveedor	Precio unitario (€/u)	Unidades (u)	URL	Precio (€)
Densímetro	Family Beer	7,15	1	<a href="https://bit.ly/2w6l7dx">https://bit.ly/2w6l7dx</a>	7,15
Refractómetro	Brouwland	39,95	1	<a href="http://bit.ly/2wViCXi">http://bit.ly/2wViCXi</a>	39,95
Papel de pH	Brouwland	3,95	1	<a href="https://bit.ly/2FpPISp">https://bit.ly/2FpPISp</a>	3,95
Báscula	Brouwland	24,95	1	<a href="https://bit.ly/2FrejGJ">https://bit.ly/2FrejGJ</a>	24,95
Termómetro digital	Brouwland	38,95	1	<a href="https://bit.ly/2HDBmEh">https://bit.ly/2HDBmEh</a>	38,95
PBW	Brouwland	11,95	1	<a href="https://bit.ly/2HzVYNz">https://bit.ly/2HzVYNz</a>	11,95
Starsan (236 mL)	Brouwland	13,50	1	<a href="https://bit.ly/2HzgA8p">https://bit.ly/2HzgA8p</a>	13,50
<b>Precio total</b>					<b>140,40</b>

Tabla P.7. Coste total de material.

<b>Coste total de material</b>	<b>1.295,21 €</b>
--------------------------------	-------------------

## Costes de los procesos de montaje

Tabla P.8. Presupuesto para el proceso de montaje de la planta piloto.

Descripción	Precio unitario (€/h)	Horas (h)	Precio (€)
Montaje de la estructura general	6	10	60
Corte de los perfiles estantería	6	2	12
Perforado de los tanques	6	5	30
Montaje resistencia	15	5	75
Colocación de tubos	6	7	42
Colocación de válvulas	6	7	42
Colocación de las ruedas	6	5	30
Montaje del sistema HERMS	6	10	60
Colocación del aislante	6	2	12
<b>Precio total</b>			<b>363,00</b>

Tabla P.9. Coste total de montaje.

<b>Coste total de montaje</b>	<b>363,00 €</b>
-------------------------------	-----------------

## Costes de las horas de ingeniería

Tabla P.10. Presupuesto de las horas de ingeniería.

Descripción	Precio unitario (€/h)	Horas (h)	Precio (€)
Estudio del proceso	15,00	100	1500
Búsqueda, estudio y comprensión de la bibliografía	15,00	50	750
Reuniones de equipo	15,00	50	750
Diseño y dimensionado	15,00	80	1200
Simulación por ordenador	15,00	50	750
Realización de planos	15,00	20	300
Redacción de documentos	15,00	160	2400
<b>Precio total</b>			<b>7.650,00</b>

Tabla P.11. Coste total de las horas de ingeniería.

<b>Coste total de horas de ingeniería</b>	<b>7.650,00 €</b>
---	-------------------

## Resumen de costes

Tabla P.12. Resumen de costes totales.

Tipo de costes	Precio (€)
Coste total de materiales	1.295,21
Coste total de montaje	363,00
Coste total de horas de ingeniería	7.650,00
	<b>9.308,21</b>

### Resumen de costes

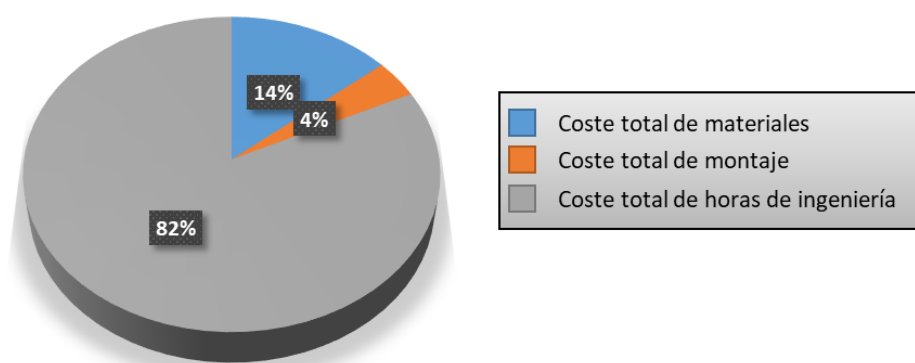


Figura P.1. Resumen de costes

## Bibliografía

- [1] Cerveceros de España. *Informe socioeconómico del sector de la Cerveza en España*. 2016. [en línea]. [Consulta 01/04/2018]. Disponible en : <https://bit.ly/2r9RkuB>.
- [2] The Brewers of Europe. *Beer statistics. 2017 edition*. [en línea]. Diciembre 2017. [Consulta: 01/04/2018]. ISBN: 978-2-9601382-9-0. Disponible en: <http://bit.ly/2k4yls6>.
- [3] Palmer, Jhon; Kaminski, Colin. *Water: A comprehensive guide for Brewers*. Colorado: Brewers Publications, 2013. ISBN: 978-0-937381-99-1.
- [4] Palmer, John J. *How to Brew*. Tercera edición. Colorado: Brewers Publications, 2006. ISBN: 978-0937381885.
- [5] Snyder, Stephen. *The brewmaster bible*. Nueva York: HarperPerennial, 1997. ISBN: 0-06-095216-4
- [6] *Stock Photos, Royalty-Free images and vectors*. Shutterstock [el línea] [Consulta: 15/01/2018] Disponible en: <http://shutterstock.com>
- [7] *Cervezomicon* [en línea]. [Consulta: 30/04/2018]. Disponible en: <https://cervezomicon.com>.
- [8] *The whole grains council* [en línea] [Consulta: 15/01/2018] Disponible en: <https://wholegrainscouncil.org>
- [9] Tecnofar Ibérica. *Maltas cerveceros* [en línea]. Madrid. [Consulta: 03/04/2018]. Disponible en: <http://maltascerveceros.com>.
- [10] Huxley, Steve. *La Cerveza. Poesía líquida. Un manual para cervesiáfilos*. Gijón: Trea, 2006. ISBN: 84-9704-232-8.
- [11] Mosher, Randy. *Mastering Homebrew: the complete guide to brewing delicious Beer*. San Francisco, California: Chronicle Books LLC, 2015. ISBN: 978-1-4521-0551-2.
- [12] Novozymes. *Rethink tomorrow* [en línea] [Consulta: 05/02/2018]. Disponible en: <http://blog.novozymes.com>
- [13] *Revista Mash. Ciencia cervecera* [en línea] [Consulta: 30/04/2018]. Disponible en: <http://revistamash.com>
- [14] Stevens, Roger. *The chemistry of hops constituents*. England: ACS Publications, 1967. DOI: 10.1021/cr60245a002.
- [15] *Dciencia* [en línea] [Consulta: 15/02/2018]. Disponible en: <http://dciencia.es>
- [16] *Data Supply Co.* [en línea] [Consulta: 15/02/2018]. Disponible en: <https://datasupply.co>
- [17] *Max-Planck-Gesellschaft* [en línea] [Consulta: 26/02/2018]. Disponible en: <http://mpg.de>
- [18] MolsonCoors. *MillerCoors, a MolsonCoors Company* [en línea] [Consulta: 03/04/2018]. Disponible en: <https://millercoors.com>
- [19] James Kennedy. *James Kennedy. CVE Chemistry Teacher* [en línea] [Consulta: 03/03/2018]. Disponible en: <https://jameskennedymonash.wordpress.com>
- [20] ReserchGate. *ReserchGate. Share and discover research* [en línea] [Consulta: 02/04/2018]. Disponible en: <http://researchgate.net>

- [21] Koroluk, Carlos Alberto. *Cerveza de argentina* [en línia]. Argentina. [Consulta: 30/04/2018]. Disponible en: <http://cervezadeargentina.com.ar>.
- [22] Cerveza artesanal. *Recetas y consejos para preparar cerveza artesanal en casa* [en línia]. [Consulta: 28/02/2018]. Disponible en: <https://cerveza-artesanal.co>
- [23] ASLAN. *Aslan Brewing Co.* [en línia]. [Consulta: 25/03/2018]. Disponible en: <http://aslanbrewing.com>
- [24] *Quiero ser un Homebrewer* [en línia]. [Consulta: 26/03/2018]. Disponible en: <http://quieroserunhomebrewer.blogspot.com.es>
- [25] *Strange Brew. Beer and wine making supplies* [en línia]. [Consulta: 30/03/2018]. Disponible en: <http://home-brew.com>
- [26] Brouwland. *Alles voor maken van bier, wijn, likeur en kaas! Brouwland Beverlo* [en línia]. [Consulta: 25/04/2018]. Disponible en: <https://brouwland.com>
- [27] *Beer Judge Certification Program* [en línia]. [Consulta: 27/02/2018]. Disponible en:
- [28] *The malt miller* [en línia]. [Consulta: 25/03/2018]. Disponible en: <https://themaltmiller.co.uk>
- [29] Muller, Robert. The effects of mashing temperature and mash thickness on wort carbohydrate composition, *J. Inst. Brew.*, March-April, 1991, Vol. 97, pp. 85-92.
- [30] *Missionary Brewer* [en línia]. [Consulta: 25/02/2018]. Disponible en: <https://missionarybrewer.wordpress.com>
- [31] EC Kraus. *Home wine making. Home Beer Brewing* [en línia]. [Consulta: 25/02/2018]. Disponible en: <https://eckraus.com>
- [32] De Keukeliere, Denis. *Fundamentals of Beer and hop chemistry*. Química Nova, 2000.
- [33] Instituto de Cerveza artesana. *Cerveza artesana* [en línia]. Barcelona. [Consulta: 25/04/2018]. Disponible en: <https://www.cervezartesana.es>.
- [34] *Sentry Equipment* [en línia]. [Consulta: 22/03/2018]. Disponible en: <https://sentry-equip.com>
- [35] *Ingenieria y Termodinamica Industrial S.A de C.V* [en línia]. [Consulta: 22/03/2018]. Disponible en: <http://itisamexico.com.mx>
- [36] *Intercambiador de calor de placas, Fabricante de ICP, Placas de intercambiador de calor* [en línia]. [Consulta: 22/03/2018]. Disponible en: <http://pheindustry.es>
- [37] Forner, Dídac. *Radical Libre. El blog de Dídac Forner* [en línia]. Barcelona. [Consulta: 08/04/2018]. Disponible en: <http://didacforner.net>
- [38] Seidell, Sean. *Sean Seidell* [en línia]. Barcelona. [Consulta: 09/04/2018]. Disponible en: <http://seidell.wordpress.com>
- [39] *Beer Brewers Guide* [en línia]. Barcelona. [Consulta: 09/04/2018]. Disponible en: <http://beerbrewersguide.com>
- [40] *Polsinelli* [en línia]. [Consulta: 25/04/2018]. Disponible en: <https://polsinelli.it>
- [41] *MasMalta* [en línia]. [Consulta: 25/04/2018]. Disponible en: <http://masmalta.com>
- [42] *BrewPi* [en línia]. [Consulta: 25/04/2018]. Disponible en: <https://brewpi.com>
- [43] *Family Beer* [en línia]. [Consulta: 25/04/2018]. Disponible en: <http://family-beer.com>
- [44] *Aigües de Barcelona* [en línea]. Barcelona: AGBAR, 2018. [Consulta: 15/01/2018]. Disponible en: <http://aiguesdebarcelona.cat>.

## Anexo I. Análisis químico del agua de red (2017)

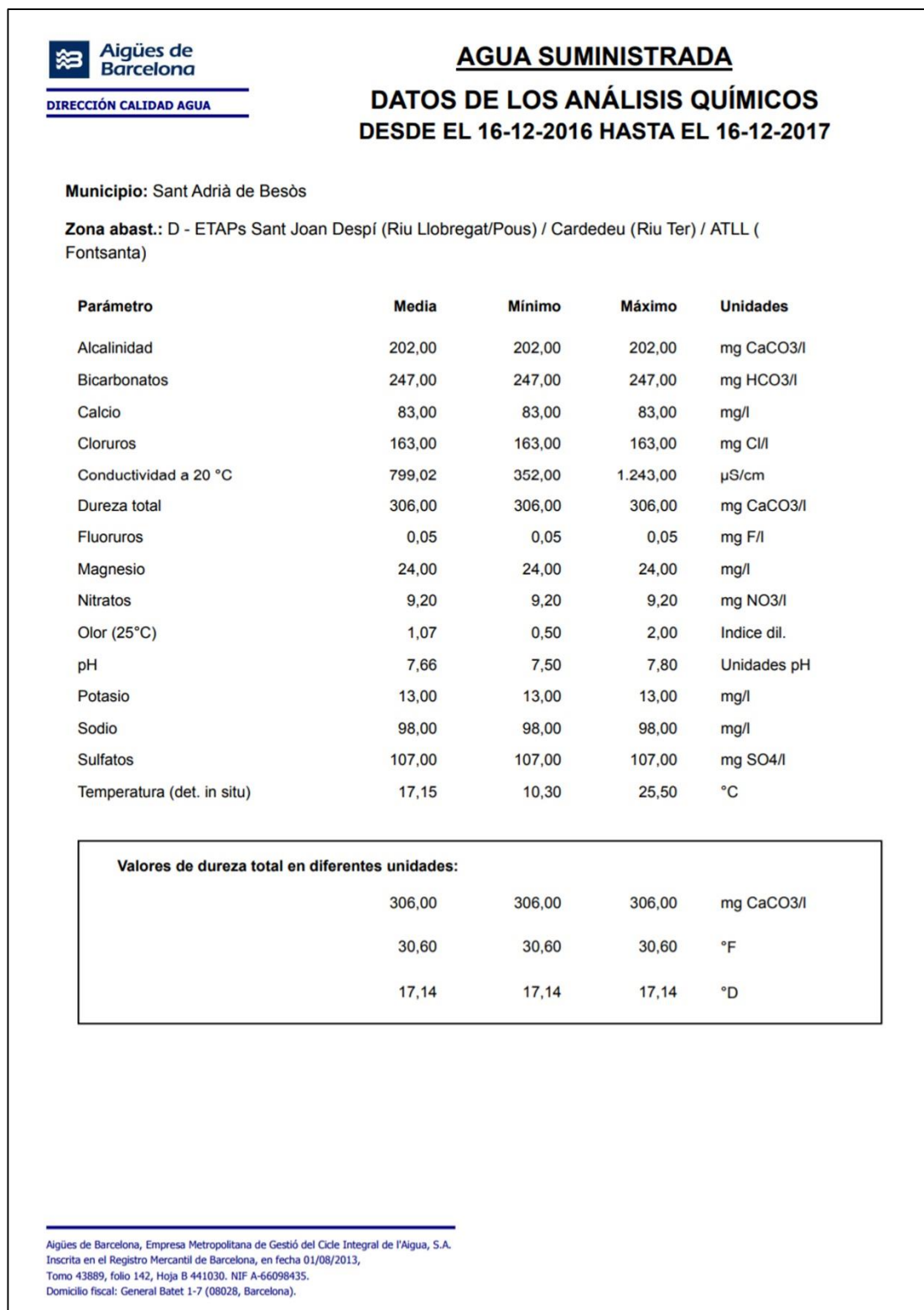


Figura A.1. Análisis químico del agua de red de la zona de San Adrián del Besós en 2017.  
(Fuente: Aigües de Barcelona [44]).





## Anexo II. Cálculo de IBUs

La ecuación básica para el cálculo de IBUs es la siguiente:

$$IBU = \frac{W \cdot U\% \cdot AA\% \cdot 1000}{V \cdot F} \quad (\text{Ec. A.1})$$

Donde:

$W$ : Peso del lúpulo utilizado en gramos

$U\%$ : Factor de aprovechamiento del lúpulo ( $0 \leq U\% \leq 1$ )

$AA\%$ : Contenido de  $\alpha$ -ácidos del lúpulo ( $0 \leq AA\% \leq 1$ )

$V$ : Volumen del mosto final en litros

$F$ : Factor corrector de densidad

El formula sencilla de expresar el factor de corrección ( $F$ ) es la siguiente:

$$F = 1 + \frac{DI - 1,050}{0,2} \quad (\text{Ec. A.2})$$

Donde:

$DI$ : Densidad antes del hervido

En cuanto al factor de aprovechamiento ( $U\%$ ) se puede sacar de tablas según la fórmula de lúpulo empleada y el tiempo que pasa este en la olla:

Tabla A.1. Porcentaje de utilización (Fuente: <http://revistamash.com> [13])

Tiempo de hervor (minutos)	Porcentaje de utilización	
	Flor	Pellets
0 a 9	5	6
10 a 19	12	15
20 a 29	15	19
30 a 44	19	24
45 a 59	22	27
60 a 74	24	30
más de 75	27	34



## Anexo III. Cálculo de la graduación de alcohol

El método más común para determinar el contenido de alcohol de la cerveza, es mediante la comparación de densidades del mosto antes y después de fermentar.

Se define como densidad al cociente entre la masa y el volumen de una muestra

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{Ec. A.3})$$

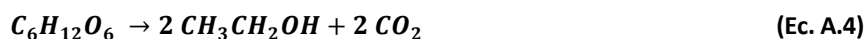
Donde  $\rho$  es la densidad,  $m$  la masa y  $V$  el volumen.

Generalmente, en el campo cervecero se utiliza una escala equivalente conocida como “gravedad específica” que compara la densidad de un líquido con respecto a la del agua. En el caso que un líquido presente una densidad de 1,040 g/mL y sabiendo que la densidad del agua es de 1 g/mL se puede afirmar que el líquido en cuestión tiene una gravedad específica de 1,040.

La densidad del mosto antes de la fermentación recibe el nombre de Gravedad Original (OG, *Original Gravity*), mientras que la de después de fermentar recibe el nombre de Gravedad Final (OF, *Original Gravity*)

Se puede afirmar que la gravedad final será siempre menor que la gravedad inicial ya que, la levadura habrá consumido gran parte de los azúcares disueltos en el mosto creando alcohol, el cual es menos denso que el agua a razón de 0,79 kg/L.

De manera muy simplificada se puede resumir la reacción de fermentación de la siguiente manera:



Donde el peso molecular del etanol ( $CH_3CH_2OH$ ) es 46,0688 g/mol y el del dióxido de carbono ( $CO_2$ ) de 44,0098 g/mol.

Según la reacción de fermentación, y teniendo en cuenta que todo el  $CO_2$  generado en el fermentador se escapará por el airlock, en base a los pesos moleculares se puede decir que por cada gramos de  $CO_2$  liberado del tanque, equivaldrá a 1,05 gramos de etanol más en el mosto.

La diferencia entre la gravedad original y la gravedad final equivaldrán a los gramos de  $CO_2$  que se han escapado del tanque de fermentación. Para conocer los gramos de etanol producidos simplemente se multiplica esta diferencia por 1,05 (g Etanol/g  $CO_2$ ). Así pues, la masa de alcohol en la solución se define:

$$\text{Masa de alcohol en la solución} = (OG - FG) \cdot 1,05 \quad (\text{Ec. A.5})$$

Dividiendo esto entre la gravedad final se obtendrá el porcentaje de alcohol en peso:

$$\text{Porcentaje de alcohol en peso} = \frac{(OG - FG) 1,05}{FG} \cdot 100 \quad (\text{Ec. A.6})$$

Sin embargo, las unidades más comunes para presentar la cantidad de alcohol presente en la cerveza es el porcentaje de alcohol en volumen. Este porcentaje se conseguirá dividiendo el porcentaje de alcohol en peso entre la densidad del etanol:

$$\%ABV = \frac{\frac{(OG - FG) 1,05}{FG} \cdot 100}{0,79} \quad (\text{Ec. A.7})$$

Aplicando la anterior fórmula para un mosto con gravedad original de 1,045 y gravedad final de 1,010 se obtendría una cerveza con el siguiente volumen de alcohol:

$$\%ABV = \frac{\frac{(1,045 - 1,010) 1,05}{1,010} \cdot 100}{0,79} \cong 4,6\% \quad (\text{Ec. A.8})$$

Existe una versión simplificada de la ecuación para calcular el porcentaje de alcohol en volumen:

$$\%ABV = (OG - FG) \cdot 131 \quad (\text{Ec. A.9})$$

En el caso del ejemplo propuesto se puede apreciar como el resultado es aproximadamente el mismo

$$\%ABV = (1,045 - 1,010) \cdot 131 \cong 4,6\% \quad (\text{Ec. A.10})$$

## Anexo IV. Plantilla de control de calidad

Nombre receta

INGREDIENTES		
	Cantidad	
Malta Ale		g
Roasted Barley		g
Malta de Trigo		g
Malta Chocolate		g
Lúpulo English Golding		g
Levadura ale S-04		u
Agua		L

Fecha:  
Lote:

MACERADO		
<b>PREPARACION DE LA CERVEZA</b>		
Hora de Inicio:		hs.
Duración		
Litros de Agua		lts.
<b>GRANOS</b>		
	Kg.	%
Malta Pilsen		#DIV/0!
Roasted Barley		#DIV/0!
Malta de trigo		#DIV/0!
Malta Chocolate		#DIV/0!
<b>TOTAL</b>	<b>0,000</b>	<b>#DIV/0!</b>
Agregado al Mash		

Temperatura del agua		
inicio		
al añadir el grano		
a los 30 minutos		
a los 60 minutos		

medir parametros a 25 °C*		
	pH	Densidad
Inicio del macerado		
a los 30 minutos		
Final del macerado		

Resultados graficados

ACLARADO		
Hora de Inicio:		hs.
Litros de agua añadidos		lts.
Temperatura del Mosto		

medir parametros a 25 °C*		
	pH	Densidad
Inicio del aclarado	0	0
Final del aclarado		

HERVOR Y AGREGADO DE LEVADURAS		
Hora de Inicio:		hs.
Litros de mosto		lts.
Tiempo Total de Hervor		min.
Calculo de IBUS		
Clarificante		
<b>LUPULIZACIÓN</b>		
Gramos agregados en la 1ra. adición:	Variedad	AA
Gramos agregados en la 2da. adición:		
		Tiempo de Hervor
		min
		min
Litros después de hervir		

medir parametros a 25 °C*		
	pH	Densidad
Inicio del hervor	0	0
Final del hervor		

FERMENTACION		
Levadura Utilizada		
Temperatura de Fermentación	<25 °C	
Duración de la fermentación	4-7 días	
Litros de mosto		lts.

medir parametros a 25 °C*		
	Densidad	
Inicio de la fermentación	0	

EMBOTELLADO		
Cantidad de azúcar	6 g/l	
Litros de mosto		lts.
Azúcar a añadir	0 g	
<b>medir parametros a 25 °C*</b>		
	Densidad	
Inicio del embotellado		
Graduación	#DIV/0!	
Quantitat produïda		

Figura A.2. Plantilla para llevar el control de calidad durante el proceso de elaboración de cerveza (Fuente: propia)



## Anexo V. Real decreto 678/2016


**BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO**


Núm. 304

Sábado 17 de diciembre de 2016

Sec. I. Pág. 88520

### I. DISPOSICIONES GENERALES

#### MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA Y PARA LAS ADMINISTRACIONES TERRITORIALES

**11952** *Real Decreto 678/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta.*

Hasta el momento actual, desde el punto de vista de la calidad alimentaria, la elaboración y comercialización de cervezas y bebidas de malta en España han estado reguladas por la normativa horizontal de la Unión Europea en materia alimentaria, por el Real Decreto 53/1995, de 20 de enero, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de la cerveza y de la malta líquida, y por la Orden de 15 de octubre de 1985, por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis de cerveza.

Ante el desarrollo de innovaciones tecnológicas, la evolución de los mercados y la modificación de las expectativas de los consumidores, resulta necesario actualizar la normativa nacional sobre elaboración y comercialización de cervezas y bebidas de malta.

Por otra parte, el Real Decreto 176/2013, de 8 de marzo, por el que se derogan total o parcialmente determinadas reglamentaciones técnico-sanitarias y normas de calidad referidas a productos alimenticios, ha realizado una derogación parcial de la normativa nacional sobre elaboración y comercialización de cervezas y bebidas de malta, anulando la mayor parte de los requisitos higiénico-sanitarios que figuraban en la misma.

La disposición final cuarta de la Ley 28/2015, de 30 de julio, para la defensa de la calidad alimentaria, habilita al Gobierno para aprobar normas de calidad de productos alimenticios, con el objeto, entre otros, de adaptarse a la reglamentación de la Unión Europea, y de simplificar, modernizar y valorizar las normas existentes así como de mejorar la competitividad del sector, incluyendo los adelantos producidos por la innovación tecnológica.

En este contexto, se estima necesario aprobar una nueva norma de calidad para la cerveza y las bebidas de malta, actualizando su contenido a la realidad actual del mercado y derogando el Real Decreto 53/1995, de 20 de enero, y la Orden de 15 de octubre de 1985, con el fin de mejorar la seguridad jurídica, garantizar la leal competencia entre las industrias, dotar de las mismas condiciones a todos los productores, mejorar la competitividad del sector y proporcionar una información adecuada al consumidor que facilite su derecho a la elección de compra.

La adopción mediante real decreto de la presente regulación como normativa básica toma su asiento en la habilitación contenida en el artículo 149.1, regla 13.ª, de la Constitución Española. De conformidad con la doctrina del Tribunal Constitucional, se fundamenta en el carácter marcadamente técnico del objeto de la regulación y en la necesidad de establecer un marco normativo unitario, que sea de aplicación a todo el territorio nacional y asegure un tratamiento uniforme a todos los productores.

Este real decreto se ha sometido al procedimiento previsto en la Directiva (UE) 2015/1535 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de septiembre de 2015, por la que se establece un procedimiento de información en materia de reglamentaciones técnicas y de reglas relativas a los servicios de la sociedad de la información, así como a lo dispuesto en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información.

Asimismo, se ha sometido al procedimiento previsto en el Reglamento (UE) n.º 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011, sobre la información alimentaria facilitada al consumidor y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.º 1924/2006 y (CE) n.º 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el

cve: BOE-A-2016-11952  
 Verificable en <http://www.boe.es>





# BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO



Núm. 304

Sábado 17 de diciembre de 2016

Sec. I. Pág. 88521

que se derogan la Directiva 87/250/CEE de la Comisión, la Directiva 90/496/CEE del Consejo, la Directiva 1999/10/CE de la Comisión, la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 2002/67/CE, y 2008/5/CE de la Comisión, y el Reglamento (CE) n.º 608/2004 de la Comisión.

En el proceso de tramitación de este real decreto se ha consultado a las comunidades autónomas, las ciudades de Ceuta y Melilla y las entidades representativas de los sectores afectados, habiendo emitido informe favorable la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria.

En su virtud, a propuesta de la Ministra de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y de la Ministra de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 16 de diciembre de 2016,

DISPONGO:

## Artículo 1. *Objeto.*

El objeto de este real decreto es establecer la normativa básica de calidad para la elaboración y comercialización de la cerveza y de las bebidas de malta.

## Artículo 2. *Definiciones relativas a las materias primas.*

A los efectos de este real decreto, se establecen las siguientes definiciones relativas a las materias primas:

1. **Malta:** Producto final obtenido de los granos de cebada o de otros cereales una vez sometidos al proceso de malteo: Remojo, germinación y ulterior desecación y tostados en condiciones tecnológicamente adecuadas. Se designará con la denominación del cereal de procedencia.
2. **Mosto de malta:** Líquido obtenido por tratamiento de malta con agua potable para extraer los principios solubles en condiciones tecnológicamente apropiadas.
3. **Extracto de malta:** producto de consistencia siruposa o en polvo, obtenido por concentración del mosto de malta.
4. **Mosto cervecero:** Producto obtenido a partir de malta molida o sus extractos, mediante un proceso de extracción acuosa por sacarificación enzimática. A continuación se clarificará, se agregará el lúpulo o sus derivados en este punto o también en etapas posteriores y se seguirá con un proceso de cocción. Podrán utilizarse otros productos amiláceos o también azúcares siempre y cuando la malta represente, al menos, el 50 % en masa del total de la materia prima empleada.

## Artículo 3. *Definiciones relativas a los productos y a los métodos de fabricación.*

A los efectos de este real decreto, se establecen las siguientes definiciones relativas a los productos y a sus métodos de fabricación:

1. **Bebida de malta:** Bebida no fermentada obtenida a partir de malta, sola o mezclada con otros productos amiláceos, sometida a un proceso de cocción, con o sin lúpulo o sus derivados. En todos los casos la malta representará, al menos, el 50 % del total de los productos amiláceos utilizados. Su graduación alcohólica será menor al 1 por 100 en volumen.

2. **Cerveza:** Alimento resultante de la fermentación, mediante levaduras seleccionadas, de un mosto cervecero elaborado a partir de materias primas naturales.

Según sus características, se distinguen los siguientes tipos de cerveza:

- a) **Cerveza de cereales:** Cuando en el mosto cervecero la presencia de malta de cebada sea inferior al 50 % respecto al total de la malta llevará la denominación de «Cerveza de» seguida del nombre del cereal con mayor contenido en peso.

cve: BOE-A-2016-11952  
Verificable en <http://www.boe.es>



- b) Cerveza extra: Cerveza con un extracto seco primitivo superior o igual al 15 por 100 en masa.
- c) Cerveza especial: Cerveza con un extracto seco primitivo superior o igual al 13 por 100 en masa e inferior al 15 por 100 en masa.
- d) Cerveza negra: Cerveza que supere las 50 unidades de color, conforme al método analítico de la European Brewery Convention (EBC).
- e) Cerveza de bajo contenido en alcohol: Cerveza cuya graduación alcohólica esté comprendida entre el 1 y el 3 por 100 en volumen.
- f) Cerveza sin alcohol: Cerveza cuya graduación alcohólica sea menor al 1 por 100 en volumen.

3. Clara: Mezcla de cualquier tipo de cerveza con gaseosa, o con bebida refrescante aromatizada o bebida refrescante de zumos de frutas con carácter organoléptico exclusivamente de cítricos, en la que el porcentaje de cerveza sea superior al 50 por 100 o su graduación alcohólica sea superior a 0,5 por 100 en volumen.

4. Fabricación artesana: Elaboración conforme a lo establecido en la presente norma de calidad, mediante un proceso que se desarrolle de forma completa en la misma instalación y en el que la intervención personal constituye el factor predominante, bajo la dirección de un maestro cervecero o artesano con experiencia demostrable y primando en su fabricación el factor humano sobre el mecánico, obteniéndose un resultado final individualizado, que no se produzca en grandes series, siempre y cuando se cumpla la legislación que le sea aplicable en materia de artesanía.

#### Artículo 4. *Prácticas prohibidas.*

En la elaboración, manipulación y venta al consumidor final de la cerveza y de las bebidas de malta, se prohíben las siguientes prácticas:

- 1. La transformación del almidón en azúcares, mediante hidrólisis exclusivamente ácida.
- 2. Cualquier manipulación o trasvase fuera de las instalaciones productivas, salvo que se realice con autorización de la empresa cervecera elaboradora.
- 3. La adición de alcohol, excepto el procedente del propio proceso de fermentación y elaboración de la cerveza.
- 4. La sustitución del lúpulo o sus derivados por otros principios amargos.
- 5. La neutralización después del proceso de fermentación.

#### Artículo 5. *Otros ingredientes.*

En la elaboración de los productos comprendidos en el ámbito de esta norma de calidad podrá utilizarse, de conformidad con las buenas prácticas de elaboración, cualquier otro ingrediente utilizado en alimentación humana o, en su caso, autorizado de conformidad con la normativa relativa a nuevos alimentos, distinto de los propios de cerveza o de su proceso de elaboración, siempre que no exceda el 2 por 100 en peso del producto final.

El límite del 2 por 100 establecido en el párrafo anterior no incluye los aditivos, aromas, enzimas o coadyuvantes empleados en el proceso de fabricación.

#### Artículo 6. *Características de los productos terminados.*

Desde el punto de vista de la calidad alimentaria, además de los requisitos establecidos en sus respectivas definiciones, la cerveza y las bebidas de malta deberán presentar las siguientes características:

- 1. Un pH inferior o igual a 5,5.
- 2. Un amargor superior a 5 mg/l (1 mg/l de  $\alpha$  isoácidos en cervezas equivale a una unidad de amargor IBU), excepto en el caso de las bebidas de malta.



Artículo 7. *Información alimentaria facilitada al consumidor.*

1. La información alimentaria facilitada al consumidor sobre los productos objeto de este real decreto se registrará por lo dispuesto en las normas de ámbito comunitario y nacional aplicables en la materia.

2. La denominación legal será la establecida en el artículo 3 de esta norma, con las siguientes particularidades:

a) Los productos que satisfagan una de las definiciones establecidas en los apartados a) a f), ambos inclusive, del artículo 3.2, deberán emplear la denominación legal que les corresponda.

En caso contrario, deberán emplear la denominación legal «cerveza».

b) Los productos que satisfagan más de una de las definiciones establecidas en los apartados a) a f), ambos inclusive, del artículo 3.2, deberán emplear una denominación legal en la que se combinen las correspondientes denominaciones.

3. Las cervezas que se elaboren conforme al método de fabricación artesana podrán incluir la expresión «de fabricación artesana», como información alimentaria voluntaria.

4. En la información alimentaria facilitada al consumidor sobre los productos objeto de este real decreto, podrá incluirse otra información alimentaria voluntaria, siempre y cuando ésta sea conforme con las normas de la Unión Europea y nacionales aplicables en la materia.

En particular, se podrá indicar la variedad o estilo de cerveza, siempre y cuando éstos sean compatibles con la legislación en materia de regímenes de calidad, propiedad intelectual, incluidas marcas, y cualquier otra que pueda resultar aplicable.

Artículo 8. *Venta y despacho de cerveza de barril o de otros grandes formatos.*

1. En los dispositivos para el despacho de cerveza de barril o de otros grandes formatos, habrá de constar la marca o nombre comercial de la cerveza expedida mediante dicho dispositivo.

2. Cuando el gas propulsor que se utilice entre en contacto con la cerveza, sólo podrá utilizarse anhídrido carbónico u otro gas o mezcla de gases aptos para uso alimentario, de conformidad a los criterios de identidad y pureza legalmente aprobados. Los recipientes a presión que contengan dichos gases sólo podrán rellenarse en aquellas instalaciones que se adecuen a las condiciones previstas por la normativa aplicable a los equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

Artículo 9. *Métodos analíticos.*

Los métodos de análisis utilizados en los controles oficiales conformes con esta normativa son los recomendados por la European Brewery Convention (EBC) o, en su defecto, aquellos métodos de organismos nacionales e internacionales de reconocida solvencia.

1. Grado alcohólico. Se pueden utilizar los siguientes métodos alternativos:

- a) Destilación y densimetría.
- b) Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIR).
- c) Cromatografía de gases (bajo contenido en alcohol y sin alcohol).
- d) Enzimático (bajo contenido en alcohol y sin alcohol).

2. pH: Potenciometría.

3. Densidad y masa volúmica: Densimetría.

4. Extracto real: Densimetría y cálculos.

5. Extracto seco primitivo: Cálculo (mediante fórmula de Balling).

6. Color: Espectrofotometría a 430 nm.

7. Amargor. Se pueden utilizar los siguientes métodos alternativos:

- a) Espectrofotometría a 275 nm (unidades IBU, International Bitterness Unit).
- b) Iso  $\alpha$  ácidos del lúpulo: HPLC.

cve: BOE-A-2016-11952  
Verificable en <http://www.boe.es>





En la determinación del extracto seco primitivo se admitirá una tolerancia de 0,3 unidades en el porcentaje calculado para la cerveza extra y de 0,2 unidades para las demás.

Artículo 10. *Régimen sancionador.*

El incumplimiento de lo establecido en esta norma de calidad se sancionará de acuerdo con la Ley 28/2015, de 30 de julio, para la defensa de la calidad alimentaria, y con la normativa que regule las infracciones y sanciones en materia de defensa del consumidor.

Disposición adicional primera. *Cláusula de reconocimiento mutuo.*

Los requisitos de la presente reglamentación no serán de aplicación a los productos legalmente fabricados o comercializados en los otros Estados miembros de la Unión Europea, ni a los productores originarios de los países de la Asociación Europea de Libre Comercio (AELC), partes contratantes en el Acuerdo del Espacio Económico Europeo (EEE), ni a los Estados que tengan un acuerdo de Asociación Aduanera con la Unión Europea.

Disposición adicional segunda. *Control del gasto público.*

Las medidas incluidas en esta norma no podrán suponer incremento de dotaciones ni de retribuciones ni de otros gastos de personal.

Disposición transitoria única. *Comercialización de existencias de productos.*

Los productos fabricados y las etiquetas y envases rotulados adquiridos antes de la entrada en vigor de este real decreto que cumplan las disposiciones aplicables en ese momento, podrán comercializarse hasta que se agoten las existencias.

Disposición derogatoria única. *Derogación normativa.*

Quedan derogados el Real Decreto 53/1995, de 20 de enero, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de la cerveza y de la malta líquida, y la Orden de 15 de octubre de 1985, por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis de cerveza.

Disposición final primera. *Título competencial.*

Este real decreto se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.13.<sup>a</sup> de la Constitución Española, que atribuye al Estado la competencia exclusiva sobre bases y coordinación de la planificación general de la actividad económica.

Disposición final segunda. *Entrada en vigor.*

El presente real decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid, el 16 de diciembre de 2016.

FELIPE R.

La Vicepresidenta del Gobierno y Ministra de la Presidencia  
y para las Administraciones Territoriales,  
SORAYA SÁENZ DE SANTAMARÍA ANTÓN

cre: BOE-A-2016-11952  
Verificable en <http://www.boe.es>



# Anexo VI. Real Decreto 1334/1999

31410

Martes 24 agosto 1999

BOE núm. 202

## I. Disposiciones generales

### MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA

**17996** *REAL DECRETO 1334/1999, de 31 de julio, por el que se aprueba la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.*

El Real Decreto 212/1992, de 6 de marzo, por el que se aprueba la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, modificado por el Real Decreto 930/1995, de 9 de junio, incorpora al ordenamiento jurídico nacional la Directiva 79/112/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios destinados al consumidor final, así como sus posteriores modificaciones.

Asimismo, para garantizar una información adecuada a los consumidores, se adoptaron las Directivas 94/54/CE y 96/21/CE, relativas a la indicación en el etiquetado de determinados productos alimenticios de otras menciones obligatorias distintas de las previstas en la Directiva 79/112/CEE. La incorporación de estas Directivas al derecho nacional se ha llevado a cabo por los Reales Decretos 1908/1995, de 24 de noviembre, y 1268/1997, de 24 de julio.

En fechas recientes se han producido nuevas modificaciones mediante la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 97/4/CE, de 27 de enero, cuya finalidad es permitir, por medio de un etiquetado más completo, mejorar la información de los consumidores y respetar la lealtad de las transacciones comerciales.

Esta última Directiva completa, principalmente, las actuales disposiciones relativas a la denominación de venta de los productos alimenticios, colma una laguna técnica en materia de etiquetado de los productos alimenticios compuestos por un solo ingrediente y hace obligatoria la mención de las cantidades de algunos ingredientes.

La incorporación al ordenamiento jurídico interno, de lo dispuesto en la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 97/4/CE, de 27 de enero, se lleva a cabo por el presente Real Decreto.

Al propio tiempo, se hace oportuno realizar una refundición de la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad, aprobada por el Real Decreto 212/1992 y sus posteriores modificaciones, a efectos de una mayor clarificación del texto que haga más fácil su aplicación.

El presente Real Decreto se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.13.<sup>a</sup> y 16.<sup>a</sup> de la Constitución y de conformidad con el artículo 40.2 de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

En la tramitación del procedimiento llevado a cabo para la aprobación del presente Real Decreto se ha dado audiencia a las asociaciones de consumidores y usuarios

y a los sectores afectados, habiendo emitido su informe preceptivo la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria.

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Sanidad y Consumo, de Economía y Hacienda, de Industria y Energía y de Agricultura, Pesca y Alimentación, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 31 de julio,

#### DISPONGO:

Artículo único. *Aprobación de la Norma general.*

Se aprueba la adjunta Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.

Disposición adicional única. *Título competencial.*

El presente Real Decreto y la Norma general que aprueba se dictan de conformidad con lo dispuesto en el artículo 40.2. de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad y al amparo de lo establecido en el artículo 149.1.13.<sup>a</sup> y 16.<sup>a</sup> de la Constitución.

No obstante, la exigencia establecida en el primer párrafo del artículo 18 sólo tendrá carácter básico respecto de las indicaciones relativas a la lista de ingredientes, las instrucciones para la conservación y el modo de empleo.

Disposición transitoria única. *Prórroga de comercialización.*

Hasta el 14 de febrero del año 2000, se podrán comercializar los productos alimenticios, que, cumpliendo las disposiciones anteriores, no se ajusten al presente Real Decreto.

No obstante, los productos etiquetados con anterioridad a esta fecha y que no se ajusten a lo dispuesto en este Real Decreto podrán comercializarse hasta que se agoten sus existencias.

Disposición derogatoria única. *Normas que se derogan.*

Quedan derogados:

El Real Decreto 212/1992, de 6 de marzo, por el que se aprueba la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.

El Real Decreto 930/1995, de 9 de junio, por el que se modifica la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 212/1992, de 6 de marzo.

El Real Decreto 1908/1995, de 24 de noviembre, por el que se modifica la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 212/1992, de 6 de marzo, a fin de indicar en el etiquetado de determinados pro-



ductos alimenticios otras menciones obligatorias, y se modifica el Real Decreto 930/1995, de 9 de junio, permitiendo la comercialización de determinados productos.

El Real Decreto 1268/1997, de 24 de julio, relativo a la indicación en el etiquetado de determinados productos alimenticios de otras menciones obligatorias distintas de las previstas en el Real Decreto 212/1992, de 6 de marzo, y por el que se modifica el artículo 20 de la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.

Disposición final única. *Entrada en vigor.*

El presente Real Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Palma de Mallorca a 31 de julio de 1999.

JUAN CARLOS R.

El Vicepresidente Primero del Gobierno  
y Ministro de la Presidencia,  
FRANCISCO ÁLVAREZ-CASCOS FERNÁNDEZ

## NORMA GENERAL DE ETIQUETADO, PRESENTACIÓN Y PUBLICIDAD DE LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS

### CAPÍTULO I

#### Artículo 1. *Ámbito de aplicación.*

La presente Norma se aplicará al etiquetado de los productos alimenticios destinados a ser entregados sin ulterior transformación al consumidor final, así como a los aspectos relativos a su presentación y a la publicidad que se hace de ellos y que en esta Norma se regulan.

Se aplicará también a los productos alimenticios destinados a ser entregados a los restaurantes, hospitales, cantinas y otras colectividades similares, denominados en lo sucesivo «colectividades».

#### Artículo 2. *Productos excluidos.*

Quedan excluidos del ámbito de aplicación de la presente Norma, los productos destinados a ser exportados a países no pertenecientes a la Unión Europea.

### CAPÍTULO II

#### Artículo 3. *Definiciones.*

A los efectos de esta Norma, se entiende por:

1. Etiquetado: las menciones, indicaciones, marcas de fábrica o comerciales, dibujos o signos relacionados con un producto alimenticio que figuren en cualquier envase, documento, rótulo, etiqueta, faja o collarín que acompañen o se refieran a dicho producto alimenticio.

2. Producto alimenticio envasado: la unidad de venta destinada a ser presentada sin ulterior transformación al consumidor final y a las colectividades, constituida por un producto alimenticio y el envase en el que haya sido acondicionado antes de ser puesto a la venta, ya recubra el envase al producto por entero o sólo parcialmente, pero de forma que no pueda modificarse el contenido sin abrir o modificar dicho envase.

3. Ingrediente: toda sustancia, incluidos los aditivos alimentarios, utilizada en la fabricación o en la preparación de un producto alimenticio y que todavía se encuentra presente en el producto terminado o eventualmente en una forma modificada.

No se consideran ingredientes:

a) Los componentes de un ingrediente que en el curso del proceso de fabricación se hayan eliminado temporalmente para reincorporarlos después en cantidad que no sobrepase el contenido inicial.

b) Los aditivos cuya presencia en un producto alimenticio se deba únicamente al hecho de que estaban contenidos en uno o varios ingredientes de dicho producto, siempre que no cumplan ya una función tecnológica en el producto acabado.

c) Los coadyuvantes tecnológicos.

d) Las sustancias utilizadas en las dosis estrictamente necesarias como disolventes o soportes para aditivos y aromas.

4. Lote: conjunto de unidades de venta de un producto alimenticio producido, fabricado o envasado en circunstancias prácticamente idénticas.

5. Fecha de duración mínima: fecha hasta la cual el producto alimenticio mantiene sus propiedades específicas en condiciones de conservación apropiadas.

### CAPÍTULO III

#### Artículo 4. *Principios generales.*

1. El etiquetado y las modalidades de realizarlo no deberán ser de tal naturaleza que induzcan a error al comprador, especialmente:

a) Sobre las características del producto alimenticio y, en particular, sobre su naturaleza, identidad, cualidades, composición, cantidad, duración, origen o procedencia y modo de fabricación o de obtención.

b) Atribuyendo al producto alimenticio efectos o propiedades que no posea.

c) Sugiriendo que el producto alimenticio posee características particulares, cuando todos los productos similares posean estas mismas características.

d) Atribuyendo a un producto alimenticio propiedades preventivas, terapéuticas o curativas de una enfermedad humana, ni mencionando dichas propiedades, sin perjuicio de las disposiciones aplicables a las aguas minerales naturales y a los productos alimenticios destinados a una alimentación especial.

2. Estas prohibiciones se aplicarán igualmente a la presentación de los productos alimenticios (en especial a la forma o al aspecto que se dé a éstos o a su envase, al material usado para éste y a la forma en que estén dispuestos, así como al entorno en que estén expuestos) y a la publicidad.

### CAPÍTULO IV

#### Artículo 5. *Información obligatoria del etiquetado*

1. El etiquetado de los productos alimenticios requerirá solamente, salvo las excepciones previstas en este capítulo, las indicaciones obligatorias siguientes:

a) La denominación de venta del producto.

b) La lista de ingredientes.

c) La cantidad de determinados ingredientes o categoría de ingredientes.

d) El grado alcohólico en las bebidas con una graduación superior en volumen al 1,2 por 100.

e) La cantidad neta, para productos envasados.

f) La fecha de duración mínima o la fecha de caducidad.

g) Las condiciones especiales de conservación y de utilización.

h) El modo de empleo, cuando su indicación sea necesaria para hacer un uso adecuado del producto alimenticio.

i) Identificación de la empresa: el nombre, la razón social o la denominación del fabricante o el envasador o de un vendedor establecido dentro de la Unión Europea y, en todo caso, su domicilio.

j) El lote.

k) El lugar de origen o procedencia.

l) Las previstas en el anexo IV para diversas categorías o tipos de productos alimenticios.

2. Los quesos y los embutidos, en todo caso, deberán cumplir los requisitos de etiquetado establecidos en el presente artículo. No obstante, cuando su venta sea fraccionada se atenderá a lo recogido en el artículo 15.

3. Las indicaciones obligatorias señaladas en el apartado 1 únicamente podrán complementarse, con carácter obligatorio, con las establecidas en las disposiciones comunitarias de aplicación directa o en las disposiciones nacionales que incorporen la normativa comunitaria.

#### Artículo 6. Denominación de venta.

1. La denominación de venta de un producto alimenticio será la denominación prevista para este producto en las disposiciones de la Comunidad Europea que le sean aplicables.

a) A falta de disposiciones de la Comunidad Europea, la denominación de venta será la denominación prevista por las disposiciones legales, reglamentarias o administrativas que le sean aplicables en España.

En defecto de lo anterior, estará constituida por el nombre consagrado por el uso en España, o por una descripción del producto alimenticio y de su utilización, si fuera necesario, lo suficientemente precisa para permitir al comprador conocer su naturaleza real y distinguirlo de los productos con los que pudiera confundirse.

b) Se admitirá también la utilización de la denominación de venta con la que el producto se fabrique y comercialice legalmente en el Estado miembro de procedencia.

Sin embargo, cuando la aplicación de las disposiciones de la presente Norma, en particular las previstas en el artículo 5, no sean suficientes para permitir a los consumidores conocer la naturaleza real del producto y distinguirlo de los productos con los que pudiera confundirlo, la denominación de venta deberá completarse con otras indicaciones descriptivas que habrán de figurar en su proximidad.

c) En casos excepcionales, la denominación de venta del Estado miembro de procedencia no se utilizará cuando el producto que designe se diferencie, desde el punto de vista de su composición o de su fabricación, del producto conocido bajo esta denominación hasta el punto de que las disposiciones del párrafo b) no basten para garantizar una información correcta a los consumidores.

2. No podrá ser sustituida la denominación de venta por una marca comercial o de fábrica o una denominación de fantasía.

3. La denominación de venta incluirá o irá acompañada de una indicación del estado físico en que se encuentra el producto alimenticio o del tratamiento específico a que ha sido sometido (tales como en polvo, liofilizado, congelado, concentrado, ahumado), en caso de que la omisión de dicha indicación pudiera inducir a confusión al comprador.

Todos los productos alimenticios que hayan sido tratados con radiación ionizante deberán llevar una de las

mentones siguientes: «irradiado» o «tratado con radiación ionizante».

4. Acompañarán a la denominación de venta, en aquellos casos en que el anexo IV lo establezca, las menciones que en él se especifican.

5. Cuando el producto alimenticio está regulado por disposiciones específicas, deberán utilizarse las designaciones de calidad tipificadas, quedando expresamente prohibidos los adjetivos calificativos diferentes a los establecidos en las disposiciones correspondientes.

#### Artículo 7. Lista de ingredientes.

1. La lista de ingredientes irá precedida del título «ingredientes» o de una mención apropiada que incluya tal palabra.

2. La lista de ingredientes estará constituida por la mención de todos los ingredientes en orden decreciente de sus pesos en el momento en que se incorporen durante el proceso de fabricación del producto.

No obstante:

a) El agua añadida y los ingredientes volátiles se indicarán en la lista en función de su peso en el producto acabado.

La cantidad de agua añadida como ingrediente en un producto alimenticio, se determinará sustrayendo de la cantidad total del producto acabado la cantidad total de los demás ingredientes empleados; esta cantidad podrá no tomarse en consideración si, en peso, no excede del 5 por 100 del producto acabado.

b) Cuando se trate de productos alimenticios concentrados o deshidratados destinados a ser reconstituídos mediante adición de agua, los ingredientes podrán mencionarse por orden decreciente de sus proporciones en el producto alimenticio reconstituido.

La lista de ingredientes deberá ir acompañada en estos casos de expresiones tales como: «Ingredientes del producto reconstituido» o «Ingredientes del producto ya preparado para el consumo».

c) En el caso de mezclas de frutas, de hortalizas, de especias o de plantas aromáticas, en las que ninguna de ellas predomine en peso de forma significativa, podrán mencionarse en cualquier orden, siempre que la lista de dichos ingredientes vaya acompañada de una mención tal como «en proporción variable».

d) Cuando se utilicen ingredientes concentrados o deshidratados que se reconstituyan durante la fabricación del producto alimenticio, podrán mencionarse dichos ingredientes en la lista según su cuantía en peso antes de la concentración o deshidratación.

e) No se requerirá mencionar el agua en el caso del líquido de cobertura que normalmente no se consume, ni cuando se utilice en el proceso de fabricación solamente para reconstituir a su estado de origen un ingrediente utilizado en forma concentrada o deshidratada.

3. Cuando un ingrediente de un producto alimenticio haya sido elaborado a partir de varios ingredientes, se considerará a estos últimos como ingredientes de dicho producto.

En tal caso, dicho ingrediente compuesto podrá figurar en la lista de ingredientes bajo su denominación en la medida en que ésta esté regulada o consagrada por el uso, en función de su peso global, a condición de que vaya seguida inmediatamente por la enumeración de sus propios ingredientes.

No obstante, dicha enumeración no será obligatoria:

a) Cuando se trate de ingredientes compuestos cuya cuantía en peso sea inferior al 25 por 100 del producto alimenticio acabado, siempre que no se trate de aditivos



sin perjuicio de lo especificado en el apartado 3.b) del artículo 3.

b) Cuando el ingrediente compuesto sea un producto para el que no se exija la lista de ingredientes.

4. Los ingredientes se designarán por su nombre específico, y siempre de acuerdo con las reglas del artículo 6, «Denominación de venta», excepto en los casos especificados en los apartados 5 y 6 del presente artículo.

5. Los ingredientes que pertenezcan a una de las categorías enumeradas en el anexo I y que sean componentes de otro producto alimenticio podrán designarse sólo con el nombre de dicha categoría, sin embargo, la designación «almidón» que figura en el anexo I deberá completarse siempre con la indicación de su origen vegetal específico, cuando dicho ingrediente pueda contener gluten.

6. Los ingredientes que pertenezcan a una de las categorías enumeradas en el anexo II se designarán obligatoriamente con el nombre de dicha categoría, seguido de su nombre específico o de su número CE. En el caso de ingredientes que pertenezcan a varias categorías se indicará la que corresponda a su función principal en el producto alimenticio de que se trate.

Sin embargo, la designación «almidón modificado» que figura en el anexo II deberá completarse siempre con la indicación de su origen vegetal específico, cuando dicho ingrediente pueda contener gluten.

7. Los aromas se designarán de conformidad con el anexo III de la presente Norma general.

8. No precisarán lista de ingredientes:

a) Los productos alimenticios constituidos por un solo ingrediente, siempre que la denominación de venta sea idéntica al nombre del ingrediente, o siempre que la denominación de venta permita determinar la naturaleza del ingrediente sin riesgo de confusión.

b) Las frutas, las hortalizas frescas y las patatas, excepto las mondados, cortadas o sometidas a cualquier otro tratamiento similar.

c) Las aguas de bebida envasadas gasificadas cuya denominación señale esta característica.

d) Los vinagres de fermentación que procedan de un solo producto base a los que no se les haya incorporado ningún otro ingrediente.

e) Los quesos, la mantequilla, la leche y la nata fermentadas, siempre que no se les hayan añadido más ingredientes que productos lácteos, enzimas y cultivos de microorganismos necesarios para la fabricación de los citados productos, y, en el caso de los quesos distintos de los frescos o fundidos, la sal precisa para su elaboración.

f) Las bebidas con un grado alcohólico adquirido superior en volumen al 1,2 por 100.

#### Artículo 8. Indicación cuantitativa de ciertos ingredientes.

1. Se indicará la cantidad de un ingrediente o de una categoría de ingredientes utilizada en la fabricación o preparación de un producto alimenticio siempre que:

a) El ingrediente o la categoría de ingredientes de que se trate figure en la denominación de venta o el consumidor lo asocie en general con la denominación de venta; o

b) En el etiquetado se destaque el ingrediente o la categoría de ingredientes de que se trate por medio de palabras, imágenes o representación gráfica; o

c) Cuando el ingrediente o la categoría de ingredientes de que se trate sea esencial para definir un producto alimenticio y para distinguirlo de los productos

con los que se pudiera confundir a causa de su denominación o de su aspecto.

2. No se aplicará la exigencia contemplada en el apartado 1 del presente artículo, en los siguientes casos:

a) A un ingrediente o una categoría de ingredientes:

1.º Cuyo peso neto escurrido se indique de conformidad con el apartado 6 del artículo 10.

2.º Cuya cantidad debe figurar en el etiquetado en virtud de las disposiciones comunitarias.

3.º Que se utilice en dosis bajas con fines de aromatización.

4.º Que, aun cuando figure en la denominación de venta, no pueda determinar la elección del consumidor toda vez que la variación de cantidad no sea esencial para caracterizar al producto alimenticio o no sea suficiente para distinguir el producto de otros similares.

b) Cuando haya disposiciones comunitarias específicas que determinen de manera precisa la cantidad del ingrediente o de la categoría de ingredientes sin prever la indicación de los mismos en el etiquetado.

c) En los casos contemplados en el apartado 2.c) del artículo 7.

3. La cantidad mencionada, expresada en porcentaje, corresponderá a la cantidad del o de los ingredientes en el momento de su utilización.

4. La mención contemplada en el apartado 1 del presente artículo, figurará en la denominación de venta del producto alimenticio, o indicada junto a dicha denominación, o en la lista de ingredientes en relación con el ingrediente o categoría de ingredientes en cuestión.

5. Este artículo se aplicará sin perjuicio de lo dispuesto en el Real Decreto 930/1992, de 17 de julio, por el que se aprueba la norma de etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios.

#### Artículo 9. Grado alcohólico

Las bebidas con grado alcohólico superior en volumen al 1,2 por 100 deberán incluir la indicación del grado alcohólico volumétrico adquirido.

La cifra correspondiente al grado alcohólico incluirá un decimal como máximo e irá seguida del símbolo «% vol» y podrá estar precedida de la palabra «alcohol» o de la abreviatura «alc».

Las modalidades de especificación del grado alcohólico volumétrico se determinarán, en lo que respecta a los productos correspondientes a la partida arancelaria 22.04 (vino de uvas frescas, incluso encabezado, mosto de uva, excepto el de la partida 20.09), por las normas obligatorias de la Comunidad Europea o del propio ordenamiento español.

#### Artículo 10. Cantidad neta.

1. La cantidad neta de los productos alimenticios envasados se expresará:

a) En unidades de volumen para los productos líquidos.

b) En unidades de masa para los demás.

Se utilizará, según el caso, el litro (l o L), el centilitro (cl), el mililitro (ml) o bien el kilogramo (kg) o el gramo (g).

Las Reglamentaciones técnico-sanitarias o normas específicas podrán establecer excepciones a esta regla para algunos productos alimenticios.

2. Las Reglamentaciones técnico-sanitarias o normas específicas podrán establecer otras indicaciones de cantidad para determinados productos alimenticios que estén clasificados en categorías por cantidad. Cuando

establezcan la indicación de un tipo de cantidad, tal como: cantidad nominal, cantidad mínima, cantidad media, esta cantidad será, a efectos de la presente Norma general la cantidad neta.

3. Cuando un envase esté constituido por dos o más envases individuales que contengan la misma cantidad del mismo producto se indicará la cantidad neta mencionando la cantidad neta contenida en cada envase individual y el número total de envases. No obstante, estas indicaciones no serán obligatorias cuando el número total de envases individuales pueda verse claramente y contarse fácilmente desde el exterior y cuando pueda verse claramente desde el exterior por lo menos una indicación de la cantidad neta contenida en cada envase individual.

4. Cuando un envase esté constituido por dos o más envases individuales que no se consideren unidades de venta se indicará la cantidad neta mencionando la cantidad neta total y el número total de envases individuales. Las Reglamentaciones técnico-sanitarias o normas específicas podrán prever, para ciertos productos alimenticios, que no se indique el número total de envases individuales.

5. En el caso de productos alimenticios que se vendan normalmente por unidades no será obligatoria la indicación de la cantidad neta, siempre y cuando el número de unidades pueda verse claramente y contarse fácilmente desde el exterior o, en su defecto, que venga indicada en el etiquetado.

6. Cuando un producto alimenticio sólido se presente en un líquido de cobertura, en el etiquetado se indicará también la masa neta escurrida de dicho producto alimenticio. Por líquido de cobertura se entenderán los productos mencionados a continuación, en su caso, mezclados entre ellos y también cuando se presenten en estado congelado o ultracongelado, siempre que el líquido sea únicamente accesorio respecto a los elementos esenciales del preparado y, en consecuencia, no resulte determinante para la compra: agua, soluciones acuosas de sales, salmueras, soluciones acuosas de ácidos alimentarios, vinagre, soluciones acuosas de azúcares, soluciones acuosas de otras sustancias o materias edulcorantes y de zumo de frutas o de hortalizas en el supuesto de frutas y hortalizas.

7. La indicación de la cantidad neta no será obligatoria para los productos alimenticios:

- a) Que estén sujetos a pérdidas considerables de su volumen o de su masa y se vendan por unidades o se pesen ante el comprador.
- b) Cuya cantidad neta sea inferior a 5 gramos o 5 mililitros. Esta excepción no se aplicará en el caso de especias y plantas aromáticas.

Las Reglamentaciones técnico-sanitarias o normas específicas podrán establecer a título excepcional y sin menoscabo de la información del comprador, umbrales superiores a los 5 gramos o a 5 mililitros.

#### Artículo 11. *Marcado de fechas.*

En el etiquetado de todo producto alimenticio figurará la fecha de duración mínima o, en su caso, la fecha de caducidad.

1. La fecha de duración mínima se expresará mediante las leyendas:

- a) «Consumir preferentemente antes del ...» cuando la fecha incluya la indicación del día.
- b) «Consumir preferentemente antes del fin de...», en los demás casos.

2. Las indicaciones previstas en el apartado 1 anterior, irán acompañadas:

- a) Bien de la fecha misma.
- b) Bien de la indicación del lugar en que figura en el etiquetado.

Si fuere preciso, estas indicaciones se completarán con la referencia a las condiciones de conservación que deben observarse para asegurar la duración indicada.

3. La fecha estará compuesta por la indicación clara y en orden del día, el mes y el año.

No obstante, en el caso de los productos alimenticios:

- a) Cuya duración sea inferior a tres meses bastará indicar el día y el mes.
- b) Cuya duración sea superior a tres meses, pero sin sobrepasar los dieciocho meses, bastará indicar el mes y el año.
- c) Cuya duración sea superior a dieciocho meses, bastará indicar el año.

4. Sin perjuicio de las disposiciones comunitarias de directa aplicación o de las nacionales que incorporen la normativa comunitaria que impongan otras indicaciones de fecha, no precisarán indicar la fecha de duración mínima los productos siguientes:

- a) Las frutas y las hortalizas frescas, incluidas las patatas que no hayan sido peladas, cortadas o sometidas a cualquier otro tratamiento similar. Esta excepción no se aplicará a las semillas germinantes y a productos similares como los brotes de leguminosas.
- b) Los vinos, vinos generosos, vinos espumosos, vinos aromatizados y los productos similares obtenidos a partir de frutas distintas de la uva, así como las bebidas de los códigos NC 2206 00 91, 2206 00 93 y 2206 00 99 y elaboradas a partir de uva o de mosto de uva.
- c) Las bebidas con una graduación de un 10 por 100 o más en volumen de alcohol.
- d) Las bebidas refrescantes sin alcohol, jugos de frutas, néctares de frutas y bebidas alcohólicas en envases individuales de más de cinco litros destinados a distribuirse a las colectividades.
- e) Los productos de panadería o repostería que por su naturaleza se consumen normalmente en el plazo de veinticuatro horas después de su fabricación.
- f) Los vinagres.
- g) La sal de cocina.
- h) Los azúcares en estado sólido.
- i) Los productos de confitería consistentes casi exclusivamente en azúcares aromatizados y/o coloreados.
- j) Las gomas de mascar y los productos similares de mascar.
- k) Las porciones individuales de helados.

5. En el caso de productos alimenticios microbiológicamente muy perecederos y que por ello puedan suponer un peligro inmediato para la salud humana después de un corto período de tiempo, la fecha de duración mínima se cambiará por la fecha de caducidad, expresada mediante la leyenda «fecha de caducidad», seguida de la misma fecha o de una referencia al lugar donde se indica la fecha en la etiqueta. Dichas informaciones se completarán con una descripción de las condiciones de conservación que habrán de respetarse.

La fecha consistirá en la indicación clara según este orden: día, mes y, eventualmente, año.

#### Artículo 12. *Lote.*

La indicación del lote se efectuará de conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 1808/1991, de



13 de diciembre, por el que se regulan las menciones o marcas que permiten identificar el lote al que pertenece un producto alimenticio.

No obstante lo anterior, cuando se trate de porciones individuales de helados, la indicación que permita identificar el lote debe figurar en los envases de varias unidades.

#### Artículo 13. *País de origen.*

En los productos procedentes de los Estados miembros de la Unión Europea, se deberá indicar el lugar de origen o procedencia solamente en los casos en que su omisión pudiera inducir a error al consumidor sobre el origen o procedencia real del producto alimenticio.

Los productos originarios de países no pertenecientes a la Unión Europea deberán indicar el lugar de origen o procedencia, sin perjuicio de lo dispuesto en los Tratados o Convenios internacionales sobre la materia que resulten de aplicación en España.

#### Artículo 14. *Pequeños envases.*

Cuando la cara mayor de los envases tenga una superficie inferior a 10 centímetros cuadrados solamente será obligatorio indicar la denominación del producto, la cantidad neta y el marcado de fechas.

#### Artículo 15. *Productos sin envasar.*

El etiquetado de los productos alimenticios que se presenten sin envasar para la venta al consumidor final y los envasados en los lugares de venta, a petición del comprador, deberá indicar al menos la denominación de venta, según se establece en el artículo 6. Dicha denominación irá acompañada de las indicaciones recogidas en el anexo IV, en su caso, así como de:

- a) La categoría de calidad, la variedad y el origen, cuando así lo exija la Norma de Calidad correspondiente.
- b) En el caso de carnes, la clase o el tipo de canal de procedencia y la denominación comercial de la pieza de que se trate.
- c) La forma de presentación comercial en el caso de productos de la pesca y acuicultura.
- d) La cuantificación del ingrediente de acuerdo con lo establecido en el artículo 8.
- e) El grado alcohólico en las bebidas con una graduación superior en volumen al 1,2 por 100.
- f) Aquellos requisitos de los establecidos en el artículo 5 de la presente Norma general, que establezcan, para esta modalidad de venta, las disposiciones específicas correspondientes.

En el caso de productos ecológicos, deberá indicarse, asimismo, la lista de ingredientes, siempre que no estén exceptuados de indicarla.

Los nuevos alimentos deberán indicar, además, lo establecido en el artículo 8 del Reglamento 258/97/CE, de 27 de enero, sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios.

En cuanto a los productos incluidos en el ámbito de aplicación del Reglamento 1139/98/CE, de 26 de mayo, relativo a la indicación obligatoria en el etiquetado de determinados productos alimenticios fabricados a partir de organismos modificados genéticamente, de información distinta de la prevista en la Directiva 79/112/CEE, se indicarán además los requisitos establecidos en el artículo 2 del citado Reglamento.

#### Artículo 16. *Productos envasados por los titulares del comercio minorista.*

1. El etiquetado de los productos que se envasen por los titulares del comercio minorista de alimentación y se presenten así el mismo día de su envasado para su venta inmediata en el establecimiento o establecimientos de su propiedad deberá indicar los datos establecidos en el artículo 5, a excepción del lote, de acuerdo con las disposiciones de la presente Norma general. En cuanto a la identificación de la empresa se referirá, en todo caso, al envasador.

2. Siempre que quede asegurada la información del comprador, el etiquetado de bolsas y otros envases de materiales plásticos o celulósicos transparentes e incoloros, que permitan a simple vista una identificación normal del producto y contengan frutas, hortalizas, tubérculos o frutos secos, deberá indicar:

- a) La denominación de venta acompañada de la variedad, la categoría de calidad y el origen, cuando así lo exija la norma de calidad correspondiente.
- b) La cantidad neta.
- c) La identificación de la empresa.

### CAPÍTULO V

#### Artículo 17. *Presentación de la información obligatoria.*

1. Cuando los productos alimenticios se presenten envasados, las indicaciones de la información obligatoria del etiquetado, previstas en el artículo 5, figurarán en el envase o en una etiqueta unida al mismo.

a) No obstante, sin perjuicio de las obligaciones relativas a las cantidades nominales, las menciones obligatorias del etiquetado podrán figurar solamente en documentos comerciales cuando se garantice que dichos documentos, con todas las menciones del etiquetado, acompañan a los productos alimenticios o se han enviado antes de la entrega o al mismo tiempo que ésta, siempre que los productos alimenticios envasados:

1.º Estén destinados al consumidor final, pero comercializados en una fase anterior a la venta al mismo y cuando en esta fase no se trate de la venta a una colectividad.

2.º Estén destinados a ser entregados a las colectividades para ser preparados, transformados, fragmentados o cortados en ellas.

b) En el caso de los productos contemplados en el apartado anterior, las menciones del etiquetado obligatorio relativas a la denominación de venta, marcado de fechas e identificación de la empresa figurarán también en el embalaje exterior en que se presentan dichos productos en el momento de su comercialización.

2. Será obligatorio que figuren en el mismo campo visual, salvo para los envases a que se refiere el artículo 14, las indicaciones relativas a:

- a) Denominación de venta.
- b) Cantidad neta.
- c) Marcado de fechas.
- d) Grado alcohólico, en su caso.

3. La información obligatoria prescrita en el artículo 15 deberá figurar rotulada en etiquetas o carteles colocados en el lugar de venta, sobre el producto o próximos a él.

4. La información obligatoria prevista en el artículo 16 deberá figurar sobre el envase o en una etiqueta unida al mismo, no obstante, podrá figurar rotulada en carteles colocados en el lugar de venta, cuando ésta

se realice bajo la modalidad de venta con vendedor.

En régimen de autoservicio, la indicación de la denominación de venta establecida en el apartado 2 del artículo 16, podrá figurar rotulada en carteles colocados en el lugar de venta próximos al producto en cuestión.

5. En todos los casos, las indicaciones obligatorias deberán ser fácilmente comprensibles e irán inscritas en un lugar destacado y de forma que sean fácilmente visibles, claramente legibles e indelebles. Estas indicaciones no deberán ser disimuladas, tapadas o separadas de ninguna forma por otras indicaciones o imágenes.

6. Sin perjuicio de lo establecido en los artículos 17.1.a) y 17.1.b), los productos alimenticios, en general, destinados a ser entregados al consumidor, deben suministrarse a los minoristas debidamente envasados o acondicionados con la información obligatoria contemplada en el artículo 5, bien sobre el envase o en los documentos correspondientes que acompañen al producto.

En caso de venta a granel o fraccionada la información del productor debe conservarse, hasta el final de su venta, para permitir en cualquier momento una correcta identificación del producto y estará a disposición de los

órganos de control o de los consumidores que la soliciten.

#### Artículo 18. *Lengua en el etiquetado.*

Las indicaciones obligatorias del etiquetado de los productos alimenticios que se comercialicen en España se expresarán, al menos, en la lengua española oficial del Estado.

Lo dispuesto en el apartado anterior no será de aplicación a los productos tradicionales elaborados y distribuidos exclusivamente en el ámbito de una Comunidad Autónoma con lengua oficial propia.

### CAPÍTULO VI

#### Artículo 19. *Etiquetado facultativo*

La información del etiquetado de los productos alimenticios podrá presentar cualquier mención adicional escrita, impresa o gráfica, siempre que no esté en contradicción con lo establecido en la presente Norma general.

### ANEXO I

#### Categorías de ingredientes para los que la indicación de la categoría puede sustituir a la del nombre específico

Definición	Designación
Aceites refinados que no sean de oliva.	«Aceite», completada: — Bien por el calificativo, según el caso, «vegetal» o «animal». — Bien por la indicación del origen específico vegetal o animal. El calificativo «hidrogenado» deberá acompañar la mención de los aceites hidrogenados.
Grasas refinadas.	«Grasa», completada: — Bien por el calificativo, según el caso, «vegetal» o «animal». — Bien por la indicación del origen específico vegetal o animal. El calificativo «hidrogenada» deberá acompañar la mención de las grasas hidrogenadas.
Mezclas de harinas procedentes de dos o más especies de cereales.	«Harina» seguida de la enumeración de las especies de cereales de que proceda, por orden decreciente de peso.
Almidón/es y féculas nativos y almidones y féculas modificados por medios físicos o con enzimas.	«Almidón(es)» o «fécula(s)».
Cualquier especie de pescado, cuando el pescado constituya un ingrediente de otro producto alimenticio y siempre que la denominación y la presentación de dicho producto no se refieran a una especie precisa de pescado.	«Pescado».
Cualquier especie de queso, cuando el queso o una mezcla de quesos constituya un ingrediente de otro producto alimenticio y siempre que la denominación y la presentación de dicho producto no se refieran a una especie precisa de queso.	«Queso(s)».
Todas las especias y sus extractos cuyo peso no sea superior al 2 por 100 del peso del producto.	«Especia(s)» o «Mezcla de especias».
Todas las plantas o partes de plantas aromáticas cuyo peso no sea superior al 2 por 100 del peso del producto.	«Planta(s) aromática(s)» o «Mezcla de plantas aromáticas».
Todas las preparaciones de gomas utilizadas en la fabricación de la goma base para chicles.	«Goma base».



Definición	Designación
Pan rallado de cualquier origen. Todos los tipos de sacarosa. Dextrosa anhidra o monohidratada. Jarabe de glucosa y jarabe de glucosa anhidra. Todas las proteínas de la leche (caseínas, caseinatos y proteínas del suero y del lactosuero) y sus mezclas. Manteca de cacao de presión «expeller» o refinada. Todas las frutas confitadas que no excedan en peso el 10 por 100 del producto. Mezclas de hortalizas que no excedan en peso el 10 por 100 del producto. Todos los tipos de vino, según la definición recogida en el Reglamento (CEE) número 822/87 del Consejo (1).	«Pan rallado». «Azúcar». «Dextrosa». «Jarabe de glucosa». «Proteínas de leche». «Manteca de cacao». «Frutas confitadas». «Hortalizas». «Vino».

(1) DOCE L 84 de 27-3-1987, p. 1

## ANEXO II

**Categorías de ingredientes que deben designarse obligatoriamente con el nombre de su categoría seguido de sus nombres específicos o del número CE**

Colorante.  
Conservador.  
Antioxidante.  
Emulgente.  
Espesante.  
Gelificante.  
Estabilizador.  
Potenciador del sabor.  
Acidulante.  
Corrector de acidez.  
Antiaglomerante.  
Almidón modificado (1).  
Edulcorante.  
Gasificante.  
Antiespumante.  
Agente de recubrimiento.  
Sales fundentes (2).  
Agente de tratamiento de la harina.  
Endurecedor.  
Humectante.  
Agente de carga.  
Gas propulsor.

(1) No se exige indicación del nombre específico o del número CE.  
(2) Únicamente cuando se trate de quesos fundidos y productos a base de queso fundido.

## ANEXO III

**Designación de los aromas en la lista de ingredientes**

1. Los aromas serán designados por el término «aroma(s)», o por el término «aroma(s)» acompañado por una designación más específica o una descripción del aroma.

2. El término «natural», o cualquier otra expresión cuyo significado sea sensiblemente equivalente, sólo podrá utilizarse para los aromas cuya parte aromatizante contenga exclusivamente sustancias aromatizantes tal y como se definen en el apartado 2.2.1 y/o preparaciones aromatizantes tal y como se definen en el apartado 2.3, ambos del artículo 2. «Definiciones», de la Reglamentación técnico-sanitaria de los aromas que se utilizan en los productos alimenticios y de los materiales de base para su producción, aprobada por el Real Decreto 1477/1990, de 2 de noviembre.

3. Si la designación del aroma contiene una referencia a la naturaleza o al origen vegetal o animal de las sustancias utilizadas, el término «natural» o cualquier otra expresión cuyo significado sea sensiblemente equivalente, sólo podrá autorizarse para los aromas cuya parte aromatizante haya sido aislada mediante procedimientos físicos adecuados, procedimientos enzimáticos o microbiológicos o procedimientos tradicionales de preparación de los productos alimenticios exclusiva o casi exclusivamente a partir de un producto alimenticio o de la fuente de aromas de que se trate.

## ANEXO IV

**Lista de los productos alimenticios en cuyo etiquetado deberá figurar una o varias indicaciones obligatorias adicionales**

Tipo o categoría de los productos alimenticios	Indicaciones
1. Productos alimenticios de duración prolongada gracias a la utilización de gases de envasado autorizados en aplicación del Real Decreto 1111/1991, de 12 de julio, por el que se modifica la Reglamentación técnico-sanitaria de aditivos alimentarios aprobada por el Real Decreto 3177/1983.	«Envasado en atmósfera protectora».
2. Productos alimenticios que contienen uno o varios de los edulcorante(s) autorizado(s) por el Real Decreto 2002/1995, de 7 de diciembre.	«Con edulcorante(s)». Esta mención acompañará a la denominación de venta.

Tipo o categoría de los productos alimenticios	Indicaciones
3. Productos alimenticios que contienen a la vez uno o varios azúcar(es) añadido(s) y uno o varios de los edulcorante(s) autorizado(s) por el Real Decreto 2002/1995, de 7 de diciembre.	«Con azúcar(es) y edulcorante(s)». Esta mención acompañará a la denominación de venta.
4. Productos alimenticios que contienen aspartamo.	«Contiene una fuente de fenilalanina».
5. Productos alimenticios a los que se han incorporado polioles en una proporción superior al 10 por 100.	«Un consumo excesivo puede tener efectos laxantes».

**17997** *REAL DECRETO 1335/1999, de 31 de julio, por el que se aprueba un convenio transaccional entre el Estado español y el Instituto Internacional en España.*

Por Orden del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes de 11 de julio de 1924 se autorizó la compra al Instituto Internacional para Señoritas en España de la casa palacio u hotel situado en la calle Fortuny, número 53, de Madrid. El precio de venta se fijó en 250.000 pesetas, el cual, según la propia Orden, constituía un precio «muy reducido y ventajoso para el Estado, pues se trata de un inmueble cuyo valor puede calcularse en más de un millón de pesetas».

En el contrato de compraventa, celebrado en 1927, se incluyó una cláusula [estipulación segunda, párrafo b)], en la que se hizo constar que «la venta se hace con la condición resolutoria de que la expresada finca de Fortuny, 53, habrá de destinarse precisamente a la Institución llamada Residencia de Señoritas, dedicándose a la educación superior de la mujer con arreglo a la letra y el espíritu que informa el Real Decreto de 6 de mayo de 1910, básico de la Residencia de Estudiantes, y dentro de los límites, facultades y atribuciones derivadas del mismo. El Instituto Internacional para Señoritas en España podrá resolver o rescindir la venta si en cualquier tiempo el Estado español destinase la referida propiedad a otros usos distintos, devolviendo el precio recibido y recobrando la propiedad de la finca».

De acuerdo con esta estipulación, en un primer momento el inmueble fue destinado a residencia universitaria femenina. Sin embargo, a partir del año 1982 se instaló en el edificio de la calle Fortuny, número 53, el Centro Ortega y Gasset, de alta investigación en Ciencias Sociales y Humanidades, dependiente de la Fundación José Ortega y Gasset. Por esta razón, la vendedora instó, en 1986, la resolución de la venta al amparo de la citada cláusula.

Suscitado recurso contencioso-administrativo sobre esta cuestión, concluye con la resolución por la Sala Tercera del Tribunal Supremo de un recurso de apelación a una sentencia precedente de la Audiencia Nacional, que condenaba a la Administración demandada a entregar al Instituto Internacional para Señoritas en España, hoy Instituto Internacional en España, el inmueble en cuestión, confirmando esta parte del fallo, pero estableciendo que la parte vendedora debía devolver la cuarta parte del valor real del inmueble «valor que habrá de ser el del momento en que se realice la devolución del inmueble por la Administración demandada y cuyo valor será fijado en período de ejecución de sentencia». En este proceso, la Fundación José Ortega y Gasset ha sido parte coadyuvante del Estado.

La Audiencia Nacional dicta auto de ejecución de sentencia el 2 de diciembre de 1996, fijando en 320 millones de pesetas la cantidad que debería entregar el Instituto Internacional en España.

Este auto ha sido objeto de recurso de casación ante el Tribunal Supremo, cuya Sala Tercera, en providencia

de 11 de febrero de 1999, a instancia de las tres partes recurrentes, que pretenden suscribir el convenio transaccional que autoriza el presente Real Decreto, ha suspendido la tramitación del citado recurso.

Por lo tanto, las resoluciones judiciales descritas constituyen la referencia ineludible para valorar los elementos de la transacción propuesta en el convenio. Desde la perspectiva de la Administración General del Estado, en concreto de los Ministerios de Economía y Hacienda y de Educación y Cultura, se busca el procedimiento más fluido y económico para conservar un edificio de gran valor cultural y científico, en el que se encuentran el despacho, la biblioteca y el archivo personal de don José Ortega y Gasset de incalculable valor para nuestro patrimonio cultural y donde se desarrolla a través del Instituto Universitario Ortega y Gasset una importante labor docente, de relaciones culturales y de investigación. Toda esta labor se vería interrumpida en el momento de ejecutar la sentencia en sus estrictos términos que obliga a la devolución del inmueble.

Por otro lado, el planteamiento económico de la transacción que se propone se inscribe dentro de los valores del inmueble que las tasaciones, que se han manejado, fijan. Así pues, la cifra de 650 millones de pesetas que se entregarían al Instituto Internacional en España, adicionales a los 320 millones que el Estado dejaría de ingresar si se confirmara el auto de ejecución de sentencia de la Audiencia Nacional, cifran un coste de 970 millones de pesetas por mantener en el Patrimonio del Estado el inmueble, que se debe reputar razonable y es coincidente con la valoración del edificio recientemente efectuada por los servicios técnicos de la Dirección General del Patrimonio del Estado.

El convenio que aprueba el presente Real Decreto ha sido aceptado mediante oferta vinculante por el Instituto Internacional en España y ha sido objeto de aprobación y adhesión al mismo por el Patronato de la Fundación José Ortega y Gasset, que ha garantizado mediante depósito bancario, la aportación económica que según el convenio le corresponde.

En su virtud, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 39.1 del Real Decreto legislativo 1091/1988, de 23 de septiembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General Presupuestaria, a propuesta del Vicepresidente Segundo del Gobierno y Ministro de Economía y Hacienda y del Ministro de Educación y Cultura, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 31 de julio de 1999,

**DISPONGO:**

**Artículo 1.**

Se aprueba el convenio transaccional entre el Estado español y el Instituto Internacional en España y la Fundación José Ortega y Gasset, con las estipulaciones que se reflejan en el anexo del presente Real Decreto.

